

INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
UNIDAD PROFESIONAL ZACATENCO**

Ingeniería Civil

SEMINARIO DE TITULACION

**“PROYECTO DE FERROCARRILES ASISTIDO
POR SOFTWARE DE INGENIERIA CIVIL”
DES5512007/03/2008**

**COORDINADOR
ING. LUCIO DURAN CELIS**

**EXPOSITORES
ING. CESAR GABRIEL HUERTA AVILES
ING. LUCIO DURAN CELIS**

“LA TECNICA AL SERVICIO DE LA PATRIA”

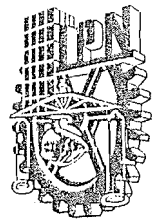


MÉXICO, D.F.

OCTUBRE 2008



M. en C. Villalpando Cázarez
Jorge Ricardo Nuñez V.
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA ACADÉMICA
DIRECCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR



"2008. Año de la Educación Física y el Deporte"
 "75 Aniversario de la Escuela Superior de Ingeniería Textil"
 "60 Aniversario de la Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas"
 "30 Aniversario del Cecyt 15 Diódoro Antúnez Echegaray"

INFORMACIÓN PÚBLICA

México, D. F. a 1 de julio de 2008.
 Oficio: DES/2472/08

DR. MIGUEL ÁNGEL VERGARA SÁNCHEZ
 DIRECTOR DE LA ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA
 Y ARQUITECTURA UNIDAD ZACATENCO DEL
 INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
 PRESENTE

En atención a su Oficio D-1452.06.08 de fecha 6 de junio del año en curso y después del análisis realizado, comunico a usted que se autoriza la vigencia del Seminario de Titulación "Proyecto de Ferrocarriles Asistido por Software de Ingeniería Civil":

Vigencia: DES5512007/03/2008
 Duración: 150 horas
 Período: Del 29 de julio al 31 de octubre de 2008
 Horario: Martes y viernes de 15:00 a 21:00 horas
 Sede: ESIA- Unidad Zacatenco
 Expositores: Ing. César Gabriel Huerta Avilés y Ing. Lucio Durán Celis

Para el desarrollo adecuado y conclusión de su programa, se sugiere apearse a las Normas que Regulan la Organización, Impartición y Acreditación de Seminarios con Opción a Titulación que se imparten en las Unidades Académicas del Instituto Politécnico Nacional.

La lista inicial deberá ser debidamente validada y enviada a esta Dirección dentro de los diez días de haber iniciado el seminario.

Asimismo, es recomendable dar a conocer a los participantes de dicho seminario el número de vigencia correspondiente, ya que les será solicitada al momento de continuar con los trámites de titulación ante la Dirección de Administración Escolar.

De acuerdo con lo anterior y a efecto de emitir las constancias respectivas, es necesario que al término del seminario en cuestión, nos haga llegar la relación de asistencia, así como la de evaluación, acompañada por la relación de trabajos terminales.

AC 1110
 ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
RECIBIDO
 04 JUL 2008
RECIBIDO
 DIRECCION
 UNIDAD ZACATENCO

ATENTAMENTE
 "LA TÉCNICA AL SERVICIO DE LA PATRIA"

[Signature]
 DR. DAVID JARAMILLO VIGUERA
 DIRECTOR DE EDUCACIÓN SUPERIOR



SECRETARÍA DE
 EDUCACIÓN PÚBLICA
 INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
 DIRECCION
 DE EDUCACIÓN SUPERIOR

28/07/08
13:50 horas

C.p.- Dra. Yoloxóchitl Bustamante Díez, Secretaría Académica del IPN.
 M. en C. Armando Sosa Camacho, Director de Administración Escolar del IPN.
 Expediente:
 T-09931

DJV*ADA*AECA*ahc

Recibido
Laura Franco
4 de julio 08

Unidad Profesional Adolfo López Mateos
 Av. Luis Enrique Erro S/N, Zacatenco.
 C.P. 07738 México, D.F.
 Tel. 57 29 60 00 Ext. 50520.



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
UNIDAD PROFESIONAL ZACATENCO**



Ingeniería Civil

SEMINARIO DE TITULACION

**“PROYECTO DE FERROCARRILES ASISTIDO POR SOFTWARE
DE INGENIERIA CIVIL”**

INTEGRANTES:

Aquino Alcántar Luis Ernesto	Navarro Rivera Francisco Javier
Carvajal Terán Omar Ismael	Pérez Torres Verónica
Cázares Maldonado Roberto	Prieto Bernal César
Chagoya Encinas Rafael Arturo	Reynolds Mendoza Mario
Cortes Garcia Carlos	Rivero Carreño Juanita Nayelli
Cruz Calva Oscar Arturo	Rodríguez Martínez José Antonio
De La Cruz Martínez Gilberto	Rosales Baeza Edith
Díaz Martínez Agustín Arnulfo	Sánchez Hernández Hugo
Jiménez Vera Raúl	Santos Fernández Jorge
López Jiménez Fernando	Solorio Aguilar Gustavo César
Martínez Alvarado Nehemías	Suárez Ibañez César
Melo Ramírez Hugo	Téllez Patiño Alfonso
Montoya Resendiz Gerardo Francisco	Vázquez Díaz Fernando
Morales Soriano Jorge	Velázquez Marzano Jesús
Moreno Vázquez Miguel Ángel	

**COORDINADOR
ING. LUCIO DURAN CELIS**

**EXPOSITORES
ING. CESAR GABRIEL HUERTA AVILES**

“LA TECNICA AL SERVICIO DE LA PATRIA”

OCTUBRE 2008



INDICE

CAPITULO 1

1.-	Introducción	1
1.1	Proyecto y mecánica de vías férreas.	3
1.1.1	Antecedentes y normas.	4
1.2	Geometría	21
1.2.1	Curvas especiales.	21
1.3	Superestructura de vía: riel, durmiente, balasto, placa de asiento y fijaciones.	26
1.4	Infraestructura de vías.	41
1.5	Drenaje.	43
1.6	Mecánica de vías.	47
1.6.1	Nivelación y alineación de vías.	49
1.6.2	Obre elevación en curvas especiales de transición.	51

CAPITULO 2

2.-	Proyecto geométrico	53
2.1	Proyecto de rasante	58
2.2	Drenaje	86

CAPITULO 3

3.-	Obras complementarias y túneles	96
3.1	Obras de arte complementarias	97
3.2	Generación y análisis de varios tipos de estructuras.	114
3.3	Diseño en concreto.	123
3.4	Diseño en acero.	127
3.5	Líneas de influencia.	138
3.6	Concreto preesforzado	139
3.7	Trabes armadas.	141
3.8	Placas superficies y sólidos	142
3.9	Interpretación de resultados	155

CAPITULO 4

4.-	Señalización.	161
4.1	Señalización y ferroviaria.	162
4.2	Pacios terminales y talleres.	176





CAPITULO 5

5.-	Proyectos de ferrocarriles	189
5.1	Configuración de dibujos en Autocad 2006	191
5.2	Dibujo en tres dimensiones.	192
5.3	Superficies, Sólidos, Edición	193
5.4	Modelizado, textura, Luces.	193
5.5	Dibujos en 3D aplicado a ferrocarriles.	194

CAPITULO 6

6.-	Trazo de vía, curvas verticales y horizontales, curva masa.	206
6.1	Captura de datos	207
6.2	Curva en espiral.	212
6.3	Curva simple.	215
6.4	Cadenamientos.	216
6.5	Perfil y retícula	217
6.6	Curva vertical	219
6.7	Secciones.	220
6.8	Curva masa.	227

CAPITULO 7

7.-	Diseño de estructuras especiales de ferrocarriles, puentes, etc.	232
7.1	Análisis y diseño de varios tipos de estructuras utilizando el programa de Staad.pro.	235
7.2	Diseño de estructuras relacionadas con ferrocarriles.	238

CAPITULO 8

8.-	Diseño de estructuras especiales de ferrocarriles, puentes, desniveles, etc.	257
8.1	Generación de estructuras con SAP 2000.	262
8.2	Inicio del programa SAP2000 Versión 11	268





CAPITULO 9

9.-	Administración y costos de obra de ferrocarril.	282
9.1	Partidas, catalogo maestro con el programa Neodata 2006.	294
9.2	Programa de obra, ruta critica.	297
9.3	Sobrecosto, configuraciones de indirectos.	300
9.4	Costo de obras de ferrocarriles.	301

CAPITULO 10

10.-	Programación de obras de ferrocarriles	302
10.1	Introducción de Hoja de conceptos en el programa de OPUS ole.	303
10.2	Catalogo de conceptos, Programa de obra, ruta critica.	304
10.3	Descripción y cuantificación de conceptos.	306
10.4	Aplicación de precios unitarios en obras de ferrocarriles.	313

CAPITULO 11

11.-	Conclusiones	322
11.1	Unidad I	323
11.2	Unidad II	327
11.3	Unidad III	328
11.4	Unidad IV	331
11.5	Unidad V	333
11.6	Unidad VI	335
11.7	Unidad VII	340
11.8	Unidad VIII	342
11.9	Unidad IX	349
11.10	Unidad X	351





1.- INTRODUCCION



1. INTRODUCCIÓN

FERROCARRIL

Definición¹.

Se entiende por **ferrocarril**, en el sentido amplio del término, el sistema de transporte terrestre guiado sobre carriles o rieles de cualquier tipo, aunque normalmente se entiende que los rieles son de acero o hierro (del latín ferrum), que hacen el camino o vía férrea sobre la cual circulan los trenes. Dentro de esta clasificación se incluyen medios de transporte que emplean otros tipos de guiado, tales como los trenes de levitación magnética.



Fig. 1.1 Tren Twentieth Century Limited", el tren más famoso del mundo a comienzos del siglo XX.²

Constitución de la vía³.

La vía de un ferrocarril se compone de dos partes principales: las terracerías y la superestructura.

- **Terracerías:** Conjunto de obras formadas por cortes y terraplenes para llegar al nivel de subrasante, y a la superestructura.
- **Superestructura:** parte que va arriba de la terracería y la forman dos hileras de rieles sujetos a piezas transversales llamadas durmientes, que a su vez descansan sobre un lecho de material pétreo denominado balasto, a lo que hay que agregar los accesorios de la vía tales como placas, planchuelas, tornillos, etc.

Se denomina **vía férrea** a la parte de la infraestructura ferroviaria formada por el conjunto de elementos que conforman el sitio por el cual se desplazan los trenes. Las vías férreas son el elemento esencial de la infraestructura ferroviaria y constan, básicamente, de rieles apoyados sobre traviesas que se disponen dentro de una capa de balasto. Para su construcción es necesario realizar movimiento de suelos y obras existentes (puentes, alcantarillas, muros de contención, drenajes, etc.).

¹ Unión Internacional de Ferrocarriles 1965. *Diccionario técnico de términos ferroviarios 2ad.Ed. Barcelona. Pág.342*

² http://www.sapiensman.com/old_trains/Old%20trains3.htm

³ Carlos Crespo Villalaz. 1996 *Vías de comunicación caminos, ferrocarriles, aeropuertos, puentes y puertos. Limusa. México Pág.537*



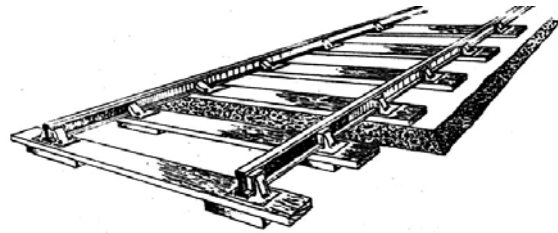
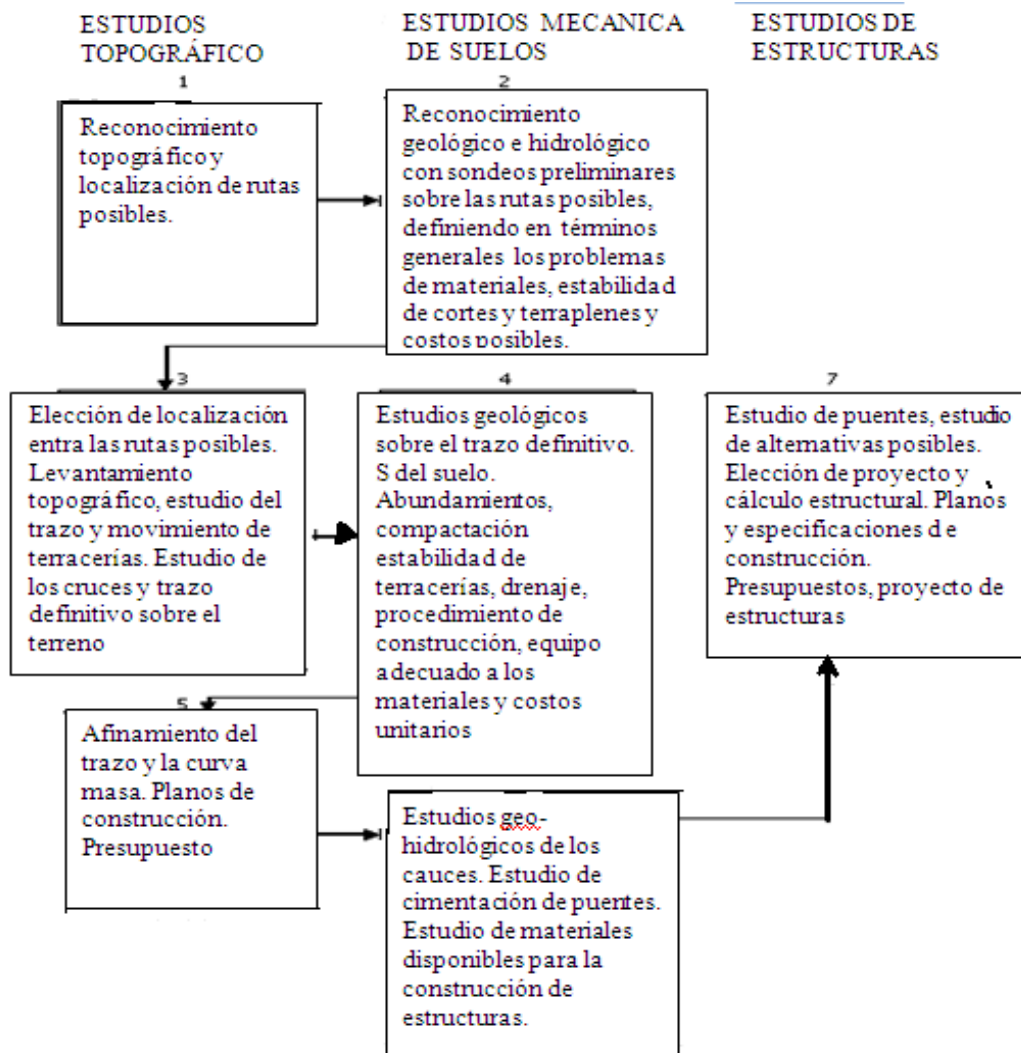


Fig. 1.2 Vía férrea⁴

En las vías modernas se complementa la infraestructura básica con sistemas de señalización y, en el caso de líneas electrificadas, con el tendido eléctrico que provee de energía a las locomotoras

1.1. PROYECTO Y MECÁNICA DE VÍAS FERREAS

Para establecer una ruta de vías férreas entre dos puntos a comunicar se tienen que realizar diversos estudios, los cuales son:



⁴ <http://www.umss.edu.bo/epubs/etexts/downloads/26/1.htm>





1.1.1 ANTECEDENTES Y NORMATIVIDAD

ANTECEDENTES

La historia del ferrocarril es muy extensa, razón por la cual no es posible tratarla detalladamente, por lo que solamente se mencionarán en forma general los acontecimientos más sobresalientes en el mundo y en México, de este sistema de transporte.

AÑO ⁵	ANTECEDENTES INTERNACIONALES ⁶	ANTECEDENTES NACIONALES ^{7,8}
1550	En las minas de Alemania se usan rieles de madera para el transporte de vagones mediante caballos	
1761	Primeros rieles de hierro en Inglaterra	
1769	James Watt presenta la primera máquina de vapor	
1789	El ingeniero inglés William Jessop usa ruedas de hierro dentadas en rieles de explotaciones carboníferas en Leicestershire.	
1802	Primera línea férrea pública al sur de Londres.	
1804	Primera locomotora de vapor, de Richard Trevithick	
1814	George Stephenson construye su primera locomotora Blucher.	
1825	George Stephenson abre la primera línea ferroviaria a vapor entre Stockton y Darlington, para transporte de mercancías desde una mina de carbón a un puerto fluvial.	
1829	George Stephenson y su hijo Robert alcanzan los 47 km/h con su locomotora The Rocket, cerca de Liverpool.	
1830	La línea Liverpool-Manchester inaugura el primer servicio de pasajeros. La línea prueba la viabilidad del transporte por ferrocarril, dando comienzo en el Reino Unido a una masiva inversión de capital para la construcción de líneas, siendo imitado poco después por el resto del mundo.	
1837	Cuba inaugura el primer ferrocarril de la Habana a Guines de 78 km.	El presidente de la república, general Anastasio Bustamante otorga a Francisco de Arrillaga, la primera concesión para la vía férrea entre el puerto de Veracruz y la capital

⁵ Las fechas pueden variar según la fuente

⁶ Enciclopedia SALVAT Diccionario tomo V 1976. Salvat. S.A Barcelona pág. 1392-1394.

⁷ Enciclopedia de México tomo IV 1978, enciclopedia de México S.A, México pág. 242-304

⁸ Ferrocarriles Nacionales México 1996 Caminos de hierro 1era Ed. pág. 35 238.





1842	Polonia inaugura el primer ferrocarril de la línea Breslau-Brzeg	El presidente Antonio López de Santa Anna impone a los acreedores la obligación de construir un ferrocarril que partiendo de Veracruz llegara a Río San Juan
1850	El Talgo II inicia sus servicios entre Madrid e Irún	Transita el primer convoy ferroviario en territorio mexicano con una extensión de 13 km. que corría de Veracruz –Molinito.
1857	Usados por vez primera raíles de acero en Inglaterra.	Se inaugura el tramo de Tlatelolco a la Villa de Guadalupe
1869	Primer cremallera del mundo. Inauguración del ferrocarril minero de Tharsis al puerto de Huelva.	El presidente Benito Juárez, inauguro el tramo de México a Apizaco con una longitud de 139 km.
1873	Primer ferrocarril urbano en Jerez de la Frontera para transportar vino.	Se inaugura por fin la línea férrea de México a Veracruz por Orizaba, por el presidente Sebastián Lerdo de Tejada
1875	MZA se expande en Andalucía y Extremadura.	Se inaugura la línea del ferrocarril Jalapa a Veracruz
1876	Se abre la línea Guadajoz-Carmona.	Se autorizaron los contratos para la construcción de la línea férrea de México a Oaxaca, Guaymas con la frontera norte de sonora
1877		Se autoriza la construcción del ferrocarril de México a Toluca y otra línea de Celaya a León,
1878		Se firma el contrato para la construcción del ferrocarril de Morelos, con la ruta de México a Cuautla. Se autoriza la línea férrea que uniera zacatecas con Aguascalientes. Se autoriza al gobierno de Yucatán construir un ferrocarril de Mérida a Peto, y otro de Mérida a Campeche. Se autoriza una línea de Veracruz a Alvarado.
1879	Werner von Siemens construye la primera locomotora eléctrica	Se autoriza la construcción del ferrocarril de Hidalgo
1880		Se otorgan tres importantes concesiones ferroviarias a inversionistas norteamericanos, con toda clase de facilidades para la construcción e importación de material y equipo rodante, que dieron origen al Ferrocarril Central, al Ferrocarril Nacional y al Ferrocarril Internacional.





1888	Se construyen las primeras locomotoras de ancho español para el ferrocarril de Barcelona-Sarriá.	El primer ramal se inauguró de la línea entre la Ciudad de México y Ciudad Juárez (Paso del Norte)
1892		Se inaugura la línea que va de la ciudad de Puebla a Oaxaca, pasando por Tehuacán
1903	Primer récord mundial de velocidad con Automotriz eléctrica Siemens. 210 Km/h (Alemania)	
1904	Se inaugura el Transiberiano entre Moscú y Vladivostok. 9,297 Km.	
1905	Túnel del Simplón en Suiza, con 19.49 Km, el más largo del mundo Un pequeño tramo del ferrocarril de Sarria Barcelona comienza a electrificarse.	
1908	Primera experiencia de tracción diesel en la línea Aznalcóllar-Guadalquivir	Nacen los Ferrocarriles Nacionales de México con la fusión del Central, el Nacional y el Internacional (junto con varios ferrocarriles pequeños que le pertenecían: Hidalgo, Noroeste, Coahuila y Pacífico, Mexicano del Pacífico). Los Nacionales de México contaban en total con 11,117 km de vías férreas en territorio nacional.
1910	Primera locomotora diesel en Alemania Primera electrificación en España: Gergal-Santa Fé con corriente trifásica	Estalla la Revolución Mexicana peleada sobre rieles. Durante el gobierno de Francisco I. Madero la red aumenta 340 km.
1913	Inauguración del tranvía de Soller.	
1917	Incorporación a la empresa Norte de máquinas Mikado. Creación de la empresa Creación Auxiliar de Ferrocarriles (C.A.F.)	Se habían agregado a la red de los Nacionales de México los tramos Tampico-El Higo (14.5 km), Cañitas-Durango (147 km), Saltillo al Oriente (17 km) y Acatlán a Juárez-Chavela (15 km).
1918	Constitución de Sociedad Española de Construcciones Babcock Wilcox en Bilbao	La red ferroviaria de jurisdicción federal sumaba 20,832 km. Los estados, por su parte, contaban con 4,840 km
1919	Se inaugura el Metro de Madrid con una línea de 3,480 metros	
1924	Entra en funcionamiento el Metro de Barcelona	





1925	Se electrifica el Puerto de Pajares con corriente continua de 3,000 V La compañía Cinco Casas a Tomelloso pone en marcha el primer automotor térmico. Norte y MZA introducen las locomotoras del tipo 241, las primeras de estas características que circularon en Europa.	Los Nacionales de México fueron devueltos a sus antiguos propietarios, y se creó la Comisión de Eficiencia de Tarifas y Valuadoras de Daños. Los accionistas privados recibieron la red de los Nacionales con 778 km más de vías
1928	Se crea la Compañía Nacional de los Ferrocarriles del Oeste con líneas como Madrid-Cáceres-Portugal.	
1929	Se electrifica la línea Alsasua - Irún.	Se constituye el Comité Reorganizador de los Ferrocarriles Nacionales presidido por Plutarco Elías Calles. En ese tiempo se inicia la construcción del Ferrocarril Sub-Pacífico que unió a Nogales, Hermosillo, Guaymas, Mazatlán, Tepic y Guadalajara. Además se avanzó en la línea que cubriría los estados de Sonora, Sinaloa y Chihuahua
1930	Entran en servicio las locomotoras Pacifico 2-3-1.	
1931	Inauguración del cremallera de Nuria Primer récord mundial de velocidad con automotor diesel con hélice 230,23 Km/h	
1932	Enlace de la estación de Vilanova con Plaza Cataluña	
1934		Se crea la empresa Líneas Férreas S.A., con el objetivo de adquirir, construir y explotar toda clase de líneas férreas y administrar los ferrocarriles Nacional de Tehuantepec, Veracruz-Alvarado y dos líneas cortas.
1935	MZA recibe de MTM los primeros tractores diesel de España Primer récord español de velocidad con locomotora diesel: 140 Km /h	
1936		Se crea la Dirección General de Construcción de Ferrocarriles S.C.O.P., encargada de establecer nuevas líneas férreas,
1938	Se construye la línea Tarancón a Torrejón y posteriormente se desmonta. Último récord mundial de velocidad con locomotora de vapor Mallard Pacific: 202.8 Km/h, en Gran Bretaña	





1942	Llega la primera de las 22 locomotoras Santa Fe, las únicas de cinco ejes acoplados que han existido en España y las de mayor peso, 213 Toneladas.	
1943	Inauguración de la línea Santiago-La Coruña	
1944	Talgo construye su tren Talgo I alcanzando los 135 Km/h Incorporación de las locomotoras 275 y 276. Electrificación del tramo Madrid-El Escorial - Cercedilla.	
1945	Electrificación del tramo El Escorial -Avila.	
1946	Electrificación del tramo Cercedilla a Segovia.	
1948	Conmemoración del centenario del ferrocarril en España. Puesta en servicio de la electrificación Barcelona-Mataró.	
1949	Inauguración del tramo Balaguer-Selles. Electrificación de Torre del Bierzo a Brañuelas. En servicio las locomotoras 350 para remolcar los Talgo II.	
1950	El Talgo II inicia sus servicios entre Madrid e Irún	
1952	RENFE adquiere locomotoras 242 del tipo 1-4-1 Mikado. Llegan las locomotras eléctricas 272 Llegan los automotores TAF Inauguración de la línea Zamora-Puebla de Sanabria	
1953	MTM inicia la entrega de los tractores diesel de maniobras de la serie 10.300 Se ensaya el carril soldado y la traviesa de hormigón	
1954	Circula por primera vez la locomotora "Marilyn" (serie 1.600) Llegan las locomotoras eléctricas americanas de la serie 278	
1955	Llegan a España las primeras locomotoras diesel serie 316 y los tractores 305 Llegan las locomotoras de Vapor Confederación. Último récord español de velocidad con locomotora de vapor Confederación: 140 Km/h Electrificación de León-Brañuelas, Oviedo-Trubia y León-Busdongo	





1957	Electrificación de Despeñaperros	Se inaugura el Ferrocarril Campeche-Mérida y se construyen los tramos Izamal-Tunkás como parte de los Unidos de Yucatán, y Achotal-Medias Aguas
1958	Inauguración de la línea Zamora-La Coruña Llegan las locomotoras diesel 318 y los automotores eléctricos de la serie 600 ("suizas")	
1960	Se completa la electrificación de Alcázar a Córdoba	El Ferrocarril Mexicano se incorpora a los Nacionales de México
1961	Renfe recibe la locomotora de vapor 282-0430, la última construida en España. Llegan los tractores diesel de la serie 301	
1962	Electrificación Ponferrada a Monforte. Llegan los tractores diesel de la serie 307	
1963	Electrificación de los tramos Madrid-Alcázar y Gerona-Portbou. Llegan las locomotoras eléctricas bi-tensión de las serie 10.000	
1964	Comienzan a funcionar en Japón los Shinkansen, trenes de alta velocidad Estreno de los Talgo III y los TER, Ferrobús y locomotoras serie 352	
1965	Constitución de los Ferrocarriles de Vía Estrecha (FEVE) Incorporación de las locomotoras 321 y 319. Electrificación de los tramos Castillejo-Toledo, Venta de Baños-Irún y Palencia-Alar Renfe inicia su servicio de literas Se suprime la tercera clase en los principales trenes Primer cierre de líneas	
1966	Incorporación de las locomotoras 304 y 308. Electrificación de Ávila a Venta de Baños y de Medina a Hontanares	
1967	Llegan las locomotoras diesel 340, las eléctricas 279 y los ferrobuses de la serie 400.	Se publicó en el Diario Oficial de la Federación el decreto presidencial que crea el Sistema de Transporte Colectivo, organismo público descentralizado, para construir, operar y explotar un tren rápido subterráneo como parte del transporte público del Distrito Federal





1968	Llegan las locomotoras diesel 353, las unidades eléctricas de la serie 439. Electrificación de Venta de Baños a Miranda. Desaparece definitivamente la tracción vapor-carbón en Renfe. El Talgo cubre el servicio directo entre Madrid y París	Se crea la Comisión Coordinadora del Transporte y se sientan las bases para la unificación ferroviaria nacional. En agosto de ese año se fusionaron el Ferrocarril del Sureste y los Unidos de Yucatán
1969	Empieza a funcionar Madrid-Chamartin y deja de funcionar Madrid-Delicias Entran en servicio las locomotoras de la serie 289	Gustavo Díaz Ordaz y Alfonso Corona del Rosal, Regente del Distrito Federal de 1966 a 1970, inauguraron formalmente el servicio entre las estaciones Chapultepec-Zaragoza. Un tren modelo Alstom MP-68
1970		Se entregaba a los Nacionales de México la línea de Coahuila a Zacatecas, y en junio adquiere la línea del Ferrocarril Tijuana-Tecate, con lo que se culmina la nacionalización de las líneas férreas en México. También en ese año se moderniza la vía y se corrigen los trazos de la capital a Cuautla y a San Luis Potosí, además de la línea a Nuevo Laredo.
1973	Llegan las locomotoras de la serie 269 Electrificación de la línea Valencia - Tarragona.	
1975	Inauguración de la línea Málaga-Fuengirola En el depósito de Vicálvaro, se apaga la última locomotora de vapor	
1976	Inauguración de la línea Aluche-Móstoles Se empieza a probar el electrotrén basculante de la serie 443	
1978	Último récord mundial de velocidad con locomotora diesel. Talgo III: 230 Km/h. España	
1979	Electrificación de las líneas de Alcazar-Chinchilla, Chinchilla-Játiva, Córdoba-Málaga, y de la línea Guadalajara-Torralba. Creación de Ferrocarriles de la Generalitat de Catalunya (FGC).	
1980	Primera mujer jefe de estación de FEVE en Perlorá Entra en funcionamiento el primer Talgo Pendular entre Madrid y París Llegan los electrotrenes de la serie 444	
1981	Primer tren de alta velocidad, TGV, entre París y Lyon Electrificación de la línea de Madrid- Barcelona	





1982	Llegan las locomotoras eléctricas de las series 251 y 250, los automotores de la serie 593 y 592 y la reconstrucción de la serie 319.	
1983	Incorporación de las locomotoras diesel-hidráulicas de la serie 354. Electrificación de Cañabal a Puzol.	Se inaugurara la línea 6 del metro que corresponde al tramo El Rosario-Instituto del Petróleo, de 9,264 kilómetros y 7 estaciones, fue inaugurado el 21 de diciembre por Miguel de la Madrid Hurtado.
1984	Primera temporada del Tren de la Fresa. Junto con el Transcantábrico, el Tren de Sóller y el Al Ándalus son los más emblemáticos trenes turísticos españoles Inauguración del tramo Laguna-Aluche	
1985	Se suspende el servicio en 900 Km de líneas Entra en servicio el prototipo de la locomotora 311.	
1986	Entran en servicio los tractores de la serie 309.	
1987	Aprobada la línea de alta velocidad de Brazatortas □ Córdoba Llegada de los electrotrenes de la serie 444-500 y talgos de gran clase Primer récord español de velocidad de locomotora eléctrica Electrotrén basculante: 206 Km/h	Se inaugura el primer tramo de la línea 9 de Pantitlán-Centro Médico,
1990	Último récord mundial de velocidad con locomotora eléctrica: 515,3Km/h TGV Atlántico en Francia Comienzan a circular trenes de la serie 450. Y locomotoras diesel mixtas de la serie 311	
1991	La locomotora 269.601 alcanza la velocidad de 241Km/h, record en tracción eléctrica de ancho ibérico.	Se inaugura la línea A por Carlos Salinas de Gortari, Presidente de México y Manuel Camacho Solís
1992	Comienzan a circular las locomotoras eléctricas de la serie 252 Se inaugura la línea de alta velocidad entre Madrid y Sevilla	
1993	Llegan las locomotoras diesel de la serie 319-200, las unidades eléctricas 447 y 451 Último récord español de velocidad con locomotora eléctrica AVE-15: 356,8 Km/h	
1994	Se constituye la Compañía Serveis Ferroviaris de Mallorca El tren más largo de RENFE (Talgo 200 Madrid-Málaga) con 41 coches y 605 metros En Valencia entra en servicio el primer tranvía moderno de España	El 20 de julio se inaugura la línea 8 del metro por Carlos Salinas de Gortari, Presidente de México, y Manuel Aguilera Gómez, Regente del Distrito Federal
1995	Inauguración del Metro de Bilbao	





2003	<p>El 24/02/ 2003 se realiza el primer viaje promocional en la línea de Alta Velocidad de Madrid - Lleida., pero el servicio no llega a ponerse en funcionamiento por problemas en la Línea</p> <p>El 11 de Octubre de 2003 se inaugura oficialmente la línea de Alta Velocidad entre Madrid y Lleida-Pirineus, aunque a una velocidad comercial de 200 km/h.</p> <p>El 23 de Diciembre, se inaugura el tramo de alta velocidad comprendido entre las estaciones de Zaragoza y Huesca.</p>	
2004	<p>El 11 de Diciembre se presentan las nuevas unidades de la Serie 104 que realizarán las lanzaderas de Madrid Atocha - Puertollano y Ciudad Real.</p>	
2005	<p>El 01/01/2005, se crean dos empresas, con motivo de la desaparición de RENFE. Adif, que será la encargada de gestionar las infraestructuras y Renfe Operadora, que se encargará del servicio.</p> <p>El 04/01/2005 entran en funcionamiento los nuevos trenes de Renfe Serie 104. Estos trenes efectuarán recorridos entre Madrid Pta Atocha , Ciudadreal y Puertollano</p>	
2005	<p>El 26/02/2005, entran en servicio los trenes de Alta Velocidad de Talgo Serie 102 (popularmente llamados "los patos")</p>	
2005	<p>El 16 /11/2005 se inaugura la línea de Alta Velocidad de Media distancia entre Madrid y Toledo.</p>	
2006	<p>El 16 /12/2006 se inaugura el primer tramo la línea de Alta Velocidad entre Madrid y Málaga.</p> <p>El tramo comprende desde las estaciones de Madrid Atocha hasta la estación de Antequera.</p> <p>El 18 de Diciembre de 2006 se inaugura el tramo de Lleida a Tarragona de la línea de Alta Velocidad Madrid-Barcelona-Frontera Francesa.</p> <p>(02/09/2006) Récord mundial de locomotoras eléctricas en Alemania, en la NBS (Neu Bau Strecke) Nuremberg–Ingolstadt de 357 km/h con la ES-64U 1216-050 (Taurus</p> <p>(03/04/2007) Récord mundial de tracción eléctrica en Francia con una rama de TGV-POS (Paris Ostfrankreich-Süddeutschland) de 574,8 km/h en la línea de alta velocidad LGV-EST</p>	
2008	<p>(20/02/2008) se inauguró el tramo de Alta Velocidad entre Camp de Tarragona y Madrid de la línea de Alta Velocidad Madrid-Barcelona-Frontera Francesa.</p>	<p>Se inaugura el tren suburbano el 1 de junio del tramo Buenavista-Lechería, de 20 kilómetros, se encuentra en operación. Tendrá una longitud total de 27 kilómetros al concluir las estaciones Tultitlan y Cuautitlán.</p>



NORMAS

NORMAS DE SEÑALMIENTOS⁹

Una señal de ferrocarril es un dispositivo (manual, mecánico, eléctrico u otros) que indica a los maquinistas del tren el estado de disponibilidad de la vía que tienen por delante y, en consecuencia, les avisa si deben parar o no, o la velocidad a la que deben ir o cualquier otro tipo de información.

De cualquier forma y como regla general el mensaje de la señal tiene que ser claro, entendible y no dado a interpretaciones.

TIPOS DE SEÑALES:



Fig. 1.1.1.1 Los señalamientos pueden ser manuales, eléctricos, mecánicos u otros

Así las señales se clasifican:

SEGÚN SU FUNCION:

Señales fijas: Son las que regulan el tráfico de los trenes y maniobras, así como su velocidad, están instaladas en puntos determinados de la vía o de las estaciones, de un modo permanente o temporal, Se dividen en:

Fundamentales: Determinan las condiciones de circulación de trenes y maniobras, determinando su prioridad o no para ocupar el cantón siguiente, que deba detenerse o en qué condiciones será apartado o cambiado de vía.

Indicadoras: Complementan o matizan las órdenes de las señales fundamentales según los casos.

De limitación de velocidad: Anuncian e imponen restricciones en la velocidad de los trenes por circunstancias particulares de la vía o de las instalaciones, con carácter permanente o temporal.

Señales portátiles: Las que señales que pueden hacerse al maquinista en cualquier momento o lugar, para avisar o hacer indicaciones sobre circunstancias que le afecten.

⁹ <http://es.wikipedia.org/wiki/Desv%C3%ADos>



Señales de los trenes:

Son las que llevan los trenes en cabeza y cola, indicando el sentido de la marcha y su longitud.

SEGÚN EL LUGAR DONDE ESTAN INSTALADAS:

Las señales fijas fundamentales, según el lugar donde estén instaladas pueden ser:

- Señal avanzada: la situada delante de la señal de entrada o, en defecto de ésta, de una estación.
- Señal de entrada: la situada a la entrada de una estación o bifurcación.
- Señal de salida: la situada a la salida de una estación.
- Señal de protección: la situada delante de un cargadero y la anterior que esté relacionada con ella.
- Señal intermedia: la situada, en líneas con BA, entre la de salida de una estación y la avanzada de la siguiente estación o bifurcación
- Señal de retroceso: la situada, en vía única, a continuación de una señal de entrada y en vía doble, la situada en la vía contraria.
- De retroceso interior: la situada a continuación de la primera aguja.
- Señal de Paso a Nivel: la situada delante de un PN provisto de dispositivos de seguridad automáticos.

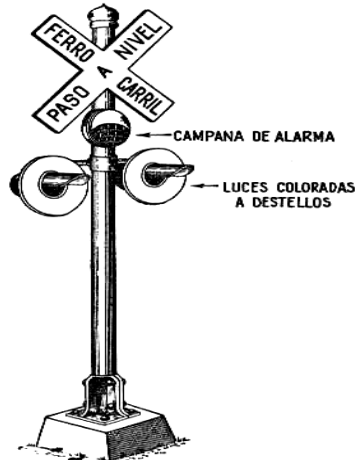


Fig. 1.1.1.2 tablero de precaución paso a nivel¹⁰

SEGÚN EL CODIGO QUE PUEDEN DAR:

Señal en verde o vía libre: si la vía está libre, sin ningún obstáculo o bloqueada. El maquinista tiene permiso para continuar o emprender la marcha si está parado.

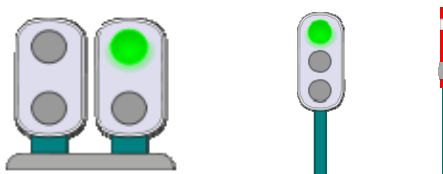


Fig. 1.1.1.3 el color verde indica vía libre absoluta¹¹

¹⁰ <http://www.umss.edu.bo/epubs/etexts/downloads/26/1.htm>

¹¹ <http://es.wikipedia.org/wiki/Desv%C3%ADos>



Señal en amarillo o anuncio de parada: indica al maquinista que debe de ponerse en condiciones de parar ante la señal siguiente.

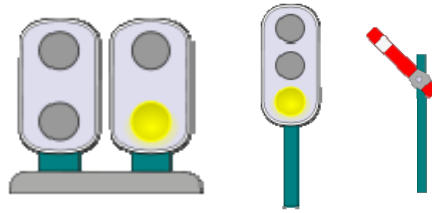


Fig. 1.1.1.4 el color amarillo indica precaución¹²

Señal en rojo o parada: ordena al maquinista a parar ante la señal.

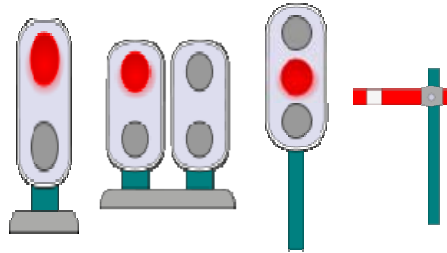


Fig.1.1.1.5 Peligro o parada obligada¹³

Señal en amarillo y verde o anuncio de precaución: ordena al maquinista no pasar de cierta velocidad después de la próxima señal que encuentre

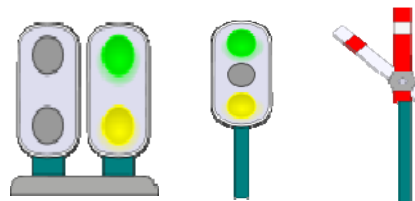


Fig. 1.1.1.6 Indica precaución y disminución de velocidad¹⁴

¹²<http://es.wikipedia.org/wiki/Desv%C3%ADos>

¹³IDEM

¹⁴IDEM



Señal en rojo y blanco: autorización de rebase, indica al maquinista que se detenga ante la señal, y que reanude la marcha, circulando con marcha a la vista, al entrar en una vía en la que ya hay estacionado otro tren.

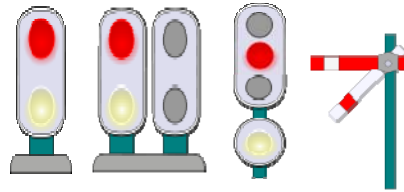


Fig. 1.1.1.7 Autoriza rebase a un tren que se encuentra estacionado¹⁵

Señal blanco: movimiento autorizado, indica al maquinista, dentro de una estación, que circule en marcha de maniobras hasta la señal siguiente, atendiendo a lo que esta indique

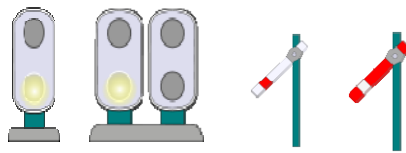


Fig. 1.1.1.8 Señal de movimiento libre dentro de una estación¹⁶.

Señales de limitación de velocidad

Las señales se suelen colocar:

- al principio de un Cantón ferroviario o sección de vía
- delante de cruces o desvíos
- delante de pasos a nivel
- delante de plataformas u otros lugares donde es probable que los trenes paren o disminuyan su velocidad



Fig. 1.1.1.9 Tableros indicadores de velocidad¹⁷

¹⁵ <http://es.wikipedia.org/wiki/Desv%C3%ADos>.

¹⁶ IDEM.

¹⁷ IDEM.





NORMAS GENERALES PARA PROYECTO GEOMÉTRICO¹⁸

Las especificaciones Generales para Proyecto Geométrico, comprenden de momento, tres partes que son:

- PARTE PRIMERA. Especificaciones Generales para proyecto Geométrico de Caminos.
- PARTE SEGUNDA. Especificaciones Generales para proyecto Geométrico de Aeropistas.
- PARTE TERCERA. Especificaciones Generales para proyecto Geométrico de Vías Férreas.

Esta última siendo la de nuestro interés y es la que tomaremos en cuenta con fines de nuestro estudio. Las normas generales de proyecto nos proporcionan las herramientas necesarias para calcular las curvas especiales y características de vías que nos ayudara a tener una vía con la estabilidad confort necesaria para un tránsito estable.

Es conveniente, por lo tanto, que las nuevas vías férreas que se construyan, se proyecten con sujeción a estas Especificaciones Generales para Proyecto Geométrico de Vías Férreas, elaboradas para adaptarse a nuestra realidad de transportación presente y futura próxima y en las que se han tomado en cuenta las técnicas actuales sobre la materia

.CLASIFICACION Y CARACTERISTICAS DE LAS VIAS FERREAS

Las vías férreas se clasifican de acuerdo con su volumen de tráfico o según la velocidad de operación de sus trenes, en la forma siguiente:

CLASIFICACION	TRAFICO DE CARGA (EN MILLONES)	VELOCIDAD DE CIRCULACION
A	5	55
B	2 y 5	50
C	0.5 y 2	45
D	0.5	40

Tabla 1 clasificación de las vías férreas¹⁹

Varían según las características topográficas de los terrenos que atreviesen:

- a) Terreno plano y lomerío suave
- b) Terreno montañoso y lomerío fuerte.
- c) Terreno montañoso muy escarpado.

RECOMENDACIONES GENERALES

El proyecto de una vía férrea deberá formularse de acuerdo con la clasificación correspondiente, buscando la solución técnica y económica que corresponda al costo anual mínimo de construcción, operación y conservación, teniendo como particular preocupación del efecto de las pendientes y del rendimiento de las locomotoras.

Las nuevas vías férreas y las que se rehabiliten, deben sujetarse al escantillón de un mil cuatrocientos treinta y cinco (1,435) milímetros.

¹⁸ Especificaciones Generales Para Proyecto Geométrico, Para Entrar En Vigor El 1 de Noviembre De 1960. Secretaria De Obras Publicas Expide con el Fundamento en el Artículo 11 de Ley de la Secretaria y Departamentos Del Estado.

¹⁹ IDEM.





PROPIEDADES DE LOS ALINEAMIENTOS HORIZONTAL Y VERTICAL.

ALINEAMIENTO HORIZONTAL:

Es la proyección horizontal del eje de una vía férrea y correspondiente a la subrasante. Está constituido por rectas y curvas que se unen entre sí.

Las rectas son proyección de las curvas circulares, Dos (2) tangentes sucesivas se unen por medio de una (1) curva circular o de una (1) curva compuesta, con o sin espirales.

Las tangentes deberán de tener una longitud mínima de sesenta (60) metros entre curvas de igual sentido y Veinte (20) metros entre curvas de sentido contrario.

Subrasante.- Del proyecto: proyección vertical del desarrollo del eje de la corona.- De terracerías: eje de la corona.

Debe procurarse:

- Que la longitud total sea la mínima.
- Que se emplee una (1) curva compuesta de menor grado de curvatura, en lugar de dos (2) curvas de mayor grado unidas por una (1) tangente corta.
- Las espirales sean de variaciones suaves, siempre que sus longitudes no originen tangentes cortas.

ALINEAMIENTO VERTICAL

El alineamiento vertical es la propia subrasante. Está constituido por rectas y curvas, con pendiente compensada, ligadas entre sí.

Las rectas tienen las siguientes propiedades.

- Longitud, definida por el cadenamiento de sus puntos extremos.
- Pendiente, definida por su tangente geométrica.
- Signo, definido por su ascenso o descenso.

Debe procurarse que:

- La pendiente sea siempre compensada
- No existan contra pendientes incensarias
- La pendiente máxima en laderos, espuelas y estaciones, sea de tres decimos por ciento.

RECOMENDACIONES GENERALES

La localización debe hacerse sobre terreno que presente apoyo estable a la vía férrea en forma económica, mediante el movimiento mínimo posible en sus alineamientos horizontal y vertical, buscando compensación en las terracerías y proporcionándoles un drenaje correcto y apropiado.

UNIDADES

Las unidades correspondientes utilizadas en el proyecto deben expresarse como sigue:

- Las dimensiones deben expresarse en metros (m), con aproximación al centímetro (cm).
- El escantillón y las sobreelevaciones del riel exterior en las curvas deben expresarse en milímetros (mm).
- Las pendientes deben expresarse en por ciento (%), con aproximación al centésimo.



RECOMENDACIONES GENERALES

Debe procurarse que:

- En terreno plano y en lomerío suave, se proyecte terraplén de preferencia a corte.
- En terrenos montañosos, se proyecte corte de preferencia a terraplén.
- El ancho de la corona se determine, en función de un tráfico estimado futuro para 15 años.
- En cortes, donde exista el peligro de derrumbes, se ensanche la cama según estudio especial que se haga al respecto.

PASOS A NIVEL Y PASOS A DESNIVEL

Paso a nivel es el cruzamiento, a una misma elevación, de una vía férrea con otra vía terrestre de comunicación, que sólo admite el tránsito alternando en ellas.

Paso a desnivel es el cruzamiento, a distinta elevación de dos o más vías terrestres de comunicación, que permite el tránsito simultáneo en ellas.

Los pasos desniveles son de dos tipos:

- a) Pasos superiores, que son los cruzamientos de una vía férrea sobre otra vía terrestre de comunicación.
- b) Pasos inferiores, que son los cruzamientos de una vía férrea bajo otra vía terrestre de comunicación.

ESPECIFICACIONES GENERALES PARA PROYECTO GEOMÉTRICO:

Debe procurarse que:

- Siempre se efectúe con paso a nivel, evitando lo más posible las soluciones con paso a desnivel.
- Se provea al derecho de vía con suficiente amplitud, para poder proporcionar la visibilidad conveniente.
- Se evite que la visibilidad del maquinista quede obstruida por arboles, taludes de los cortes y construcción de cualquier índole.

VIAS AUXILIARES

Son tramos de vía conectados a la vía principal o a otra auxiliar, sobre los cuales se operan trenes, se mueven o se estacionan carros u otro equipo ferroviario, no sujetos a Horario ni a Ordenes de Tren, pero si a las señales y a las reglas prescritas y/o a instrucciones especiales.

CLASIFICACION

Las vías auxiliares son del tipo de:

- a) Laderos.
- b) Espuelas.
- c) De viraje.



Fig. 1.1.1.10 Tren en vías de Santander-Bilbao. A la izquierda se encontraban las vías del Astillero-Ontaneda. Año 1909. Foto: Tarjeta postal (se puede observar un ladero, un peine)²⁰

²⁰ www.cantabriatradicional.com/.../ferrocarril.htm





CALCULO PARA UNA CURVA ESPECIAL CON UN SAPO DEL No.8

La causas por la que tomamos el sape del número 8 es por ser el utilizado en las vías de nuestro país.

DATOS:

$$As = 7^{\circ}09'$$

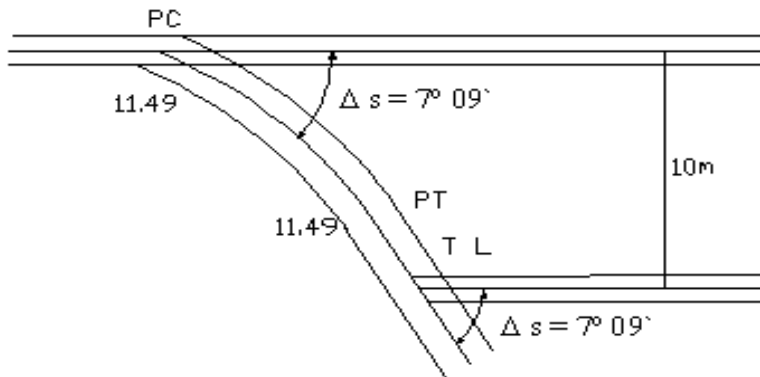
$$Gs = 6^{\circ}14'$$

$$Rs = 183.93$$

$$STs = 11.49$$

$$Lc = 22.94$$

Estos datos son tomados de la tabla No.2 para un sape del No.8



DONDE:

PC=PRINCIPIO DE CURVA

PT=PRINCIPIO DE TANGENTE

TL=TANGENTE LIBRE

Δs=DEFLEXION DEL SAPO

Fig.1.1.1.11 Curva con sape del No. 8

$$\text{Sen } \Delta s = CO / HIP.$$

$$HIP = CO / \text{Sen } \Delta s = 80.34$$

$$TL = 80.34 - STs = 68.85$$

$$Gc = 1145.92 / Rc = 5^{\circ}$$

$$Rc = 1145.92 / Gc = 229.184$$

$$ST = Rc \tan (\Delta T/2) = 14.31$$

Se propuso la separación entre los ejes de las vías a 10m con el cual nos apoyaremos junto con la deflexión del sape para calcular la hipotenusa.

La tangente libre es el tramo de vía que esta del principio de tangente al inicio de la siguiente curva

El radio de curva lo proponemos según el proyecto y la velocidad de proyecto



1.2 GEOMETRÍA²¹

1.2.1 CURVAS ESPECIALES

Se considera una curva especial por que hace que el ferrocarril cambie de dirección; ejemplo: ladero, peine, espuela, pera, “Y” griega, cortavía.

“N”Numero	Angulo del sapo (delta) “S”	Grado de curva “G”	Distancia (mts)			-mts- radio G	Largo de agujas
			De la punta de la aguja				
			Al P.C.	Sapo	libra		
7	8°10’	8°09’	1.41	18.77	35.10	140.72	4.57
8	7°09’	6°14’	2.80	20.26	39.20	183.93	4.57
9	6°22’	4°56’	3.94	22.00	43.30	232.35	4.57
10-a	5°43’	4°00’	5.28	23.55	47.80	286.54	5.03
10-b	5°43’	4°00’	4.83	24.00	47.80	286.54	5.03

Tabla 2. Trazo de las vías auxiliares juegos de cambios²².

“CORTAVIAS”

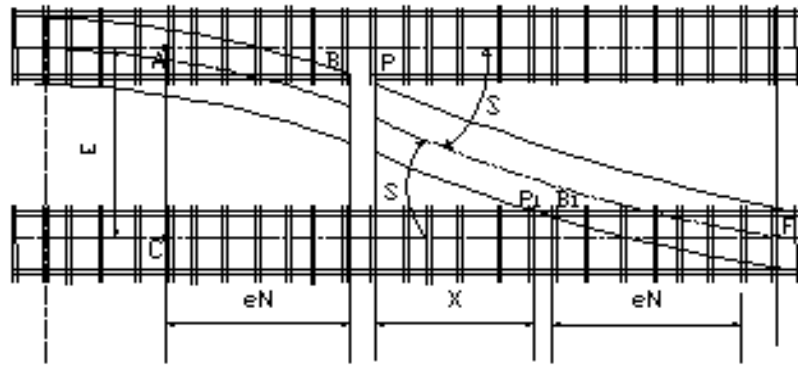


Fig. 1.2.1. dimensiones recomendables para el diseño de un cortavía²³

$$x = N(E - 2e) - E/4N - 2p$$

$$x + 2p = \text{proy}$$



Fig. 1.2.2 aparato de vía (cortavías)²⁴

²¹ Francisco M. Tognó 1982 Ferrocarriles 2ad.Ed, Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A. México. Páginas 90,91,92.

²² IDEM.

²³ IDEM

²⁴ <http://es.wikipedia.org/wiki/Desv%C3%ADos>



“CORTAVIAS”

Cortavia²⁵.- Tramo de vía, en forma de “S”, que une dos (2) vías adyacentes.

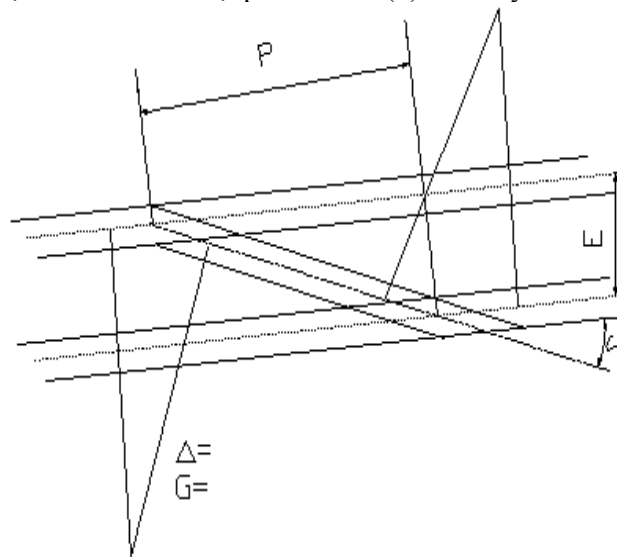


Fig. 1.2.3 dimensiones de un cortavias²⁶

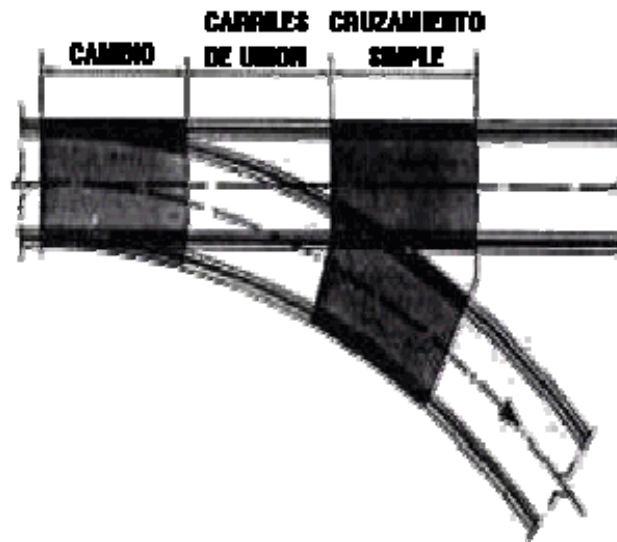


fig. 1.2.4 cortavias simple²⁷

Distancia Entre las dos puntas de los sapos (teórica)

$$D = E \cdot \cotg \cdot S - 2eN + p$$

²⁵ Especificaciones Generales Para Proyecto Geométrico, Para Entrar En Vigor El 1 de Noviembre De 1960 Secretaria De Obras Publicas Expide con el Fundamento en el Artículo 11 de Ley de la Secretaria y Departamentos Del Estado.

²⁶ Francisco M. Togni (1982) Ferrocarriles 2da.Ed., Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A. México. Páginas 90, 91,92.

²⁷ [http://gitel.unizar.es/contenidos/cursos/FTE/Web_Ferrocarriles/INFRAESTRUCTURA\(La_via--Aparatos_de_via\).html](http://gitel.unizar.es/contenidos/cursos/FTE/Web_Ferrocarriles/INFRAESTRUCTURA(La_via--Aparatos_de_via).html)



“PEINES”

Vía de la cual se derivan mas carriles ya sea para tomar otra ruta o sea por estacionarse.

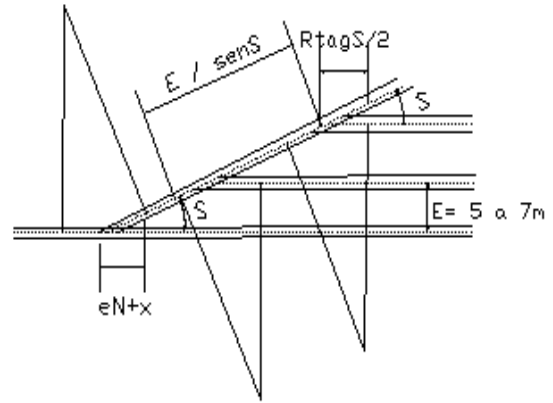


Fig. 1.2.5 Terminal de guabito foto del año de 1922²⁸ fig. 1.2.6 Dimensiones de un cortavia²⁹

$$ST = R \operatorname{Tg}(S/2)$$

$$P1 \text{ a } PI = E / \operatorname{sen} S$$

$$P1 \text{ a punta sapo} = eN + t$$

“LABIO”

(Cambios equiláteros)

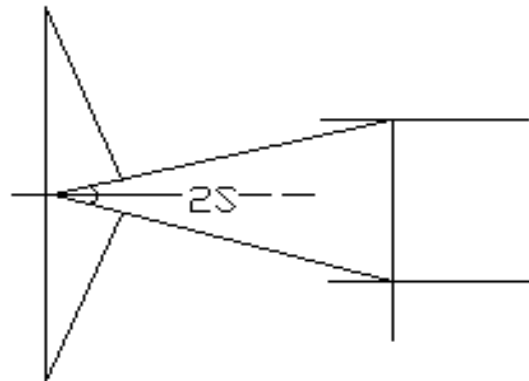


Fig.1.2.7 cambios de vías equiláteros³⁰

(Alta velocidad)

+ 35% mayor velocidad que la admitida por el cambio lateral (V = confort para G sapo)

²⁸ www.interbocas.com/modules.php?name=News&file...

²⁹ Francisco M. Togni 1982 *Ferrocarriles 2da. Edición, Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A. México. Páginas 90,91,92*

³⁰ IDEM.



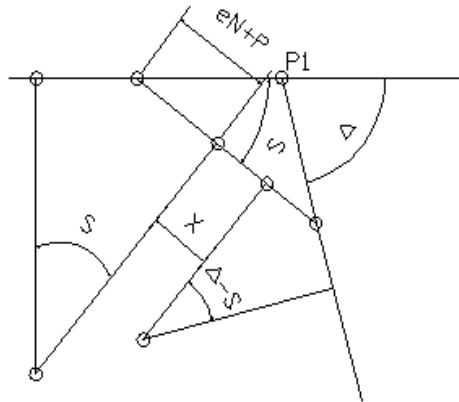


Fig 1.2.8 dimensiones de un labio³¹

“PERA”

(Es un arreglo para que regrese el tren, se construye en las terminales.)

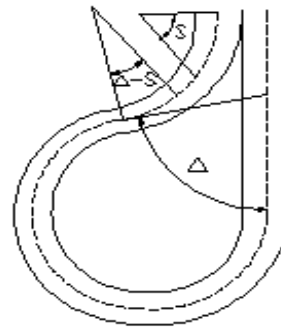


Fig. 1.2.9 dimensiones de una pera³²

“Y GRIEGA³³”

Vía auxiliar anexa a otra vía, compuesta de dos (2) ramas unidas entre sí, con una prolongación llamada cola, y que sirve para virar trenes.

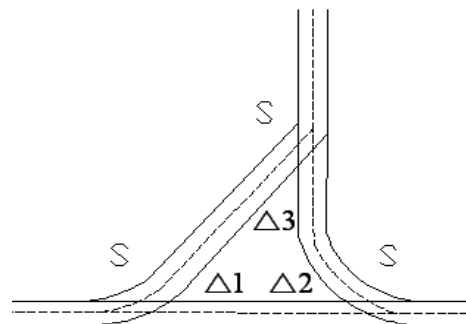


Fig. 1.2.10 dimensiones para una y griega³⁴

³¹ Francisco M. Togno 1982 Ferrocarriles 2ad.Ed., Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A. México. Páginas 90,91,92

³² IDEM.

³³ Especificaciones Generales Para Proyecto Geométrico, Para Entrar En Vigor El 1 de Noviembre De 1960 Secretaria De Obras Publicas Expide con el Fundamento en el Artículo 11 de Ley de la Secretaria y Departamentos Del Estado.

³⁴ Francisco M. Togno 1982 Ferrocarriles 2ad.Ed., Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A. México. Páginas 90,91,92



“ESPUELA³⁵”

Tramo de vía conectado a otra vía por un (1) solo extremo.



Fig.1.2.11 Estación de trenes de Cobh. Condado de Cork. Irlanda³⁶

OBSERVAMOS LA ENTRADA DE UN TREN A UNA
ESPUELA Y LA SEÑAL QUE LE ESTA MARCANDO
EL ALTO



Fig. 1.2.12 Fotografía de buenos aires argentina 1924³⁷

FERROCARRIL ESTACIONADO EN UNA
ESPUELA, DENTRO DE UN PARADERO EN
ARGENTINA.

³⁵ Especificaciones Generales Para Proyecto Geométrico, Para Entrar En Vigor El 1 de Noviembre De 1960 Secretaria De Obras Publicas Expide con el Fundamento en el Artículo 11 de Ley de la Secretaria y Departamentos Del Estado

³⁶ www.andaluciaimagen.com, Pablo Blanes

³⁷ www.andaluciaimagen.com





1.3 SUPERESTRUCTURA

- Riel
- Durmiente
- Balasto
- Placa de asiento
- Accesorios (fijaciones y sujeciones)

RIEL

Se denomina **riel**, **carril** o **raíl** a cada una de las barras metálicas sobre las que se desplazan las ruedas de los trenes. Los rieles se disponen como una de las partes fundamentales de las vías férreas y actúan como soporte, dispositivo de guiado y elemento conductor de la corriente eléctrica. La característica técnica más importante del ferrocarril es el contacto de la rueda con pestaña y el riel, siendo sus principales cualidades su material, forma y peso.

HISTORIA

Los primeros rieles que se conocen datan de la Edad de Piedra y del Bronce, en el siglo V a. C., apareciendo nuevamente como rieles de madera para facilitar el transporte en las minas. La mejora de éstos en el sector minero fue lo que llevó a la aparición de los primeros carriles de hierro en el siglo XVIII en Alemania e Inglaterra, para convertirse en los carriles de acero en el siglo XIX.

Los primeros carriles fueron pequeños rieles de fundición, que no aguantaban el paso de las ruedas por su fragilidad, con lo que se pasó al acero laminado mientras que se aumentaba su longitud y su duración (en algunas situaciones llegaban a durar sólo 3 meses), a la vez que se le añadía el patín plano después de estudios sobre el perfil, y llegando a durar hasta 16 años.

Ya en el siglo XX aparecen las ruedas provistas de pestaña y la mejora de materiales, desde el acero pudelado, los sistemas Bessemer, Thomas y Martin, hasta los actuales aceros eléctricos y al oxígeno, permiten pasar de cargas sobre el eje de 3 a más de 30 toneladas, y velocidades comerciales superiores a 300 km/h (como el AVE español), e incluso pruebas a más de 500 km/h (como el TGV francés).

FABRICACIÓN Y MONTAJE

Por la laminación del acero en bruto se obtienen barras con el perfil requerido, que se cortan en tramos de 18 a 288 m. Para realizar el montaje se disponen las barras sobre los durmientes y se unen entre sí mediante eclisas y bulones, sujetándose al durmiente mediante algún sistema de fijación.

También se ajusta la trocha y se alinea y nivela el conjunto. Después es usual, en las vías modernas, quitar las eclisas y bulones para sustituirlas por uniones soldadas. De esta forma se ELIMINAN LAS JUNTAS, PUNTO EN EL CUAL SE PRODUCE EL MAYOR DESGASTE.

PERFILES UTILIZADOS

En el comienzo del transporte por ferrocarril se utilizaron rieles con dos cabezas, con la intención de que fueran usados nuevamente una vez que la cabeza en servicio llegara a su límite de desgaste. Posteriormente se vio que tal operación no era posible, dado que, al invertir su posición, no resultaban aptos para el tráfico debido al desgaste ocasionado por los durmientes en la superficie de apoyo, y se adoptó el perfil actual, denominado Vignole, el cual consta de una cara inferior ancha, destinada al apoyo sobre los durmientes, y una cara superior, más angosta y de mayor altura, destinada a guiar y sostener las ruedas.

En sitios donde coexiste el tránsito carretero con el tráfico ferroviario se debe pavimentar la superficie, siendo usual que se utilicen rieles de tipo Vignole modificados mediante una garganta, la cual permite que se desplace por ella la pestaña de las ruedas del material ferroviario, al tiempo que actúa como límite del pavimento.





Fig. 1.3.1 Riel antiguo³⁸



Fig. 1.3.2 Riel de garganta³⁹



Fig. 1.3.3 Riel Burdach⁴⁰



Fig. 1.3.4 Rieles Vignole⁴¹

Partes del riel⁴²

- **Cabeza:** Parte superior, que se utiliza como elemento de rodadura, en donde, la superficie de rodadura de los rieles no es plana sino combada con el fin de reducir el desgaste recíproco entre rueda y riel.
- **Patín:** Base, de anchura mayor que la cabeza, cuya superficie inferior es plana para su apoyo en la traviesa. Debe darle al riel su resistencia máxima y una superficie contra las fuerzas transversales que provocan su volteo.
- **Alma:** Parte de pequeño espesor que une la cabeza con el patín, diseñada con el fin de absorber los efectos de corte como también los efectos flectores que se producen por la acción de cargas transversales.

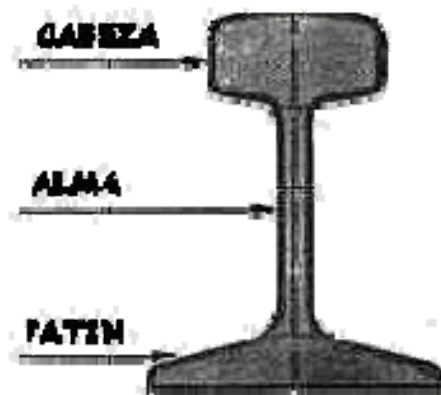


Fig. 1.3.5 Sección transversal del riel⁴³

³⁸ <http://es.wikipedia.org/wiki/riel>

³⁹ IDEM

⁴⁰ IDEM

⁴¹ IDEM

⁴² Carlos Crespo Villalaz 1996. *Vías de comunicación caminos, ferrocarriles, aeropuertos, puente y puertos*. Editorial Limusa México. Pág. 538

⁴³ [http://www.cps.unizar.es/~transp/Ferrocarriles/INFRAESTRUCTURA\(La_via--Partes_de_la_via\).html](http://www.cps.unizar.es/~transp/Ferrocarriles/INFRAESTRUCTURA(La_via--Partes_de_la_via).html)





Tipos de riel

- **Riel ligero:** Es aquél cuyo peso no excede de los 40 kg por metro lineal. Se usa en líneas por las que circulan trenes sin excesivo peso o que transportan cargas ligeras, y cuya velocidad no es alta. Por ejemplo, en los ferrocarriles mineros o los tranvías.
- **Riel pesado:** Su peso oscila entre los 40 y los 60 kg por metro lineal. Se utilizan cuando aumentan los requerimientos de velocidad, seguridad y carga máxima a transportar. Principalmente se emplea en ferrocarriles de mercancías o pasajeros y metropolitanos, así como líneas de alta velocidad.

Cualidades buscadas en los rieles

- La superficie de rodadura debe ser lo más lisa posible para reducir la fricción, pero a la vez, poseer rugosidad para mejorar la adherencia rueda-carril.
- Características geométricas deben encontrarse dentro del intervalo que delimita una calzada de buena calidad, con elevada rigidez, pero debe absorber la energía en forma de deformación elástica.
- Su peso es deseable para tener elevadas cargas por eje, velocidades y para mantener la seguridad.

Características necesarias del perfil

- La cabeza del raíl debe tener un ancho y altura suficiente según las cargas y la pestaña.
- El espesor del alma del raíl debe transmitir los esfuerzos de la cabeza hacia el patín, teniendo en cuenta la corrosión y los esfuerzos transversales.
- La anchura del patín da la rigidez para una repartición correcta de la carga sin volteo del raíl.

Dureza y materiales⁴⁴

En cuanto a la dureza de los raíles, debe coincidir con la de las ruedas, siendo la dureza interna 341HB o superior. Esta dureza depende del tratamiento superficial y de los compuestos del acero de los raíles, que son: el hierro, carbono, silicio, azufre, fósforo, arsénico y otros minerales e impurezas.

Tabla de materiales de los raíles		
Porcentaje de material	Fabricados en Europa	Fabricados en América
% de carbono	0,4 - 0,57	mayor a 0,57
% de magnesio	0,8 - 1,2	menor a 0,8
% de silicio	0,1 - 0,25	0,1 - 0,25
% de fósforo	máximo admisible 0,06	máximo admisible 0,06
% de azufre	máximo admisible 0,06	máximo admisible 0,06

⁴⁴ <http://es.wikipedia.org/wiki/Riel>



Fluencia en los aceros usuales en los carriles		
Concepto	Normal	Alta resistencia
Límite de fluencia, kg/cm ² mínimo	4920	7730
Límite de ruptura a la tracción, kg/cm ² mínimo	9840	11950
Alargamiento en 50 mm, % mínimo	9	10

LAS DURMIENTES O TRAVIESAS

Se llaman durmientes o traviesas a las piezas que se colocan transversalmente sobre el balasto para proporcionar a los rieles de la vía un soporte adecuado. Los durmientes no solo soportan los rieles sino que además, proporciona un medio para que los rieles se conserven con seguridad a la distancia correcta del escantillón.

El espaciamiento de los durmientes en la vía varía de acuerdo a su tamaño y la intensidad de tránsito. Para permitir un calzamiento correcto con herramientas de mano, se requiere un espacio libre de 25 cm. entre los durmientes adyacentes. En vías troncales algunos ferrocarriles emplean un espaciamiento mínimo de 25 cm. entre durmientes. Aún en ramales poco importantes, la práctica usual es limitar al espacio entre durmientes a 45 cm.



Fig.1.3.6 Vía férrea para un ferrocarril con durmientes de madera^{45, 46}

Tienen dos misiones específicas:

- 1- Repartir sobre el balasto las cargas transmitidas por el carril de la manera más uniforme posible.
- 2- Mantener el ancho de vía de la manera más constante posible, dentro de unos márgenes admisibles.

Por su forma pueden ser:

- Semitraviesas.
- Traviesas de dos bloques.
- Traviesas de dos rótulas.
- Traviesas monobloc.



-> Ejemplo de semitraviesas⁴⁷.

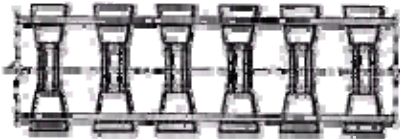
⁴⁵ En México las dimensiones reglamentarias son 7' x 8" x 8' (0.18x 0.21x2.44 m..)

⁴⁶ <http://www.andaluciaimagen.com/fotos-via-p1m40.htm>





-> Ejemplo de dos bloques con riostra⁴⁸



-> Ejemplo de traviesas de dos rótulas⁴⁹.



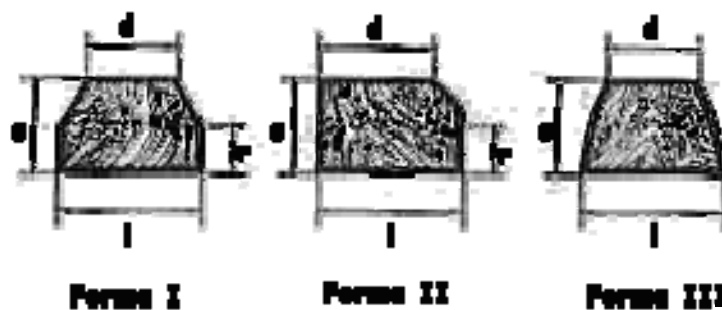
-> Ejemplo de traviesas monobloc.⁵⁰

Por el material del que están construidas pueden ser:

- **Traviesas de madera⁵¹:**

El tipo de madera que se suele utilizar es la del roble, haya o pino. Su principal inconveniente es la degradación y envejecimiento, por lo que previamente se trata con algún material para darle mayor consistencia.

la longitud de las traviesas de madera en la vía internacional es de 2.6 m y su peso medio es de 80 Kg. Sus secciones y medidas son las siguientes:



1.3.7 Tipo de secciones transversales de durmientes de madera⁵²

⁴⁷ [http://www.cps.unizar.es/~transp/Ferrocarriles/INFRAESTRUCTURA\(La_via--Partes_de_la_via\).html](http://www.cps.unizar.es/~transp/Ferrocarriles/INFRAESTRUCTURA(La_via--Partes_de_la_via).html)

⁴⁸ IDEM

⁴⁹ IDEM

⁵⁰ IDEM

⁵¹ IDEM.

⁵² [http://www.cps.unizar.es/~transp/Ferrocarriles/INFRAESTRUCTURA\(La_via--Partes_de_la_via\).html](http://www.cps.unizar.es/~transp/Ferrocarriles/INFRAESTRUCTURA(La_via--Partes_de_la_via).html)



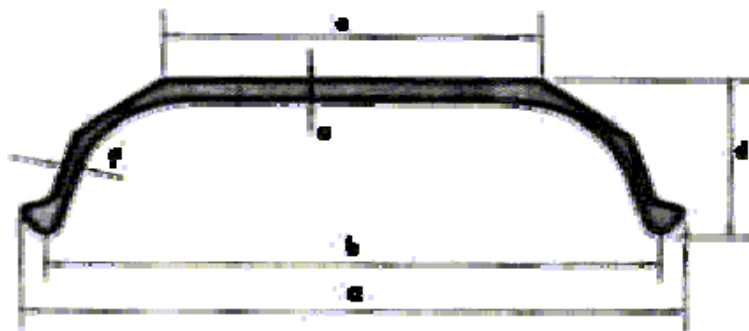
Dimensiones de las secciones transversales de los durmientes de madera en [cm]					
Grupo	L	E	d (para forma I y III)	d (para forma II)	R
1	26	16	16	20	8
2	26	15	17	20	8
3	26	13	13	17	6
4	24	15	16	18	7
5	24	14	16	18	7
6	24	13	13	17	6
7	22	13	13	16	5

- **Traviesas metálicas⁵³:**

Son de acero o de fundición. Su forma sólo es de dos maneras de los cuatro tipos de forma de las traviesas anteriormente comentados:

- traviesas de dos bloques.
- traviesas de monobloc.

Sus dimensiones y forma es la siguiente:



1.3.8. Sección trasversal de durmiente de metal⁵⁴

⁵³ [http://www.cps.unizar.es/~transp/Ferrocarriles/INFRAESTRUCTURA\(La_via--Partes_de_la_via\).html](http://www.cps.unizar.es/~transp/Ferrocarriles/INFRAESTRUCTURA(La_via--Partes_de_la_via).html)

⁵⁴ IDEM





Dimensiones de las secciones transversales de los durmientes de metal⁵⁵

Traviesa	d (mm)	e (mm)	f (mm)	c (mm)	a (mm)	b (mm)	Peso métrico(Kg/m)	Momento de inercia (cm ⁴)	Momento resistente(cm ³)
Iraní	91	11	7	40	231	212	23.74	254.6	42
CFFI	90	11	7	130	240	218	25.16	256	41.4
Turca	85	11	8	130	242	225	25.48	208.6	34.7
SCNF (Norte)	80	13	8	140	266	240	28.07	185	32
Griega	95	12.5	8	130	260	244	28.34	300.9	45.2
UIC 28	90	12	7	150	260	236	28.46	277.5	44
DB SW 7	100	9	9	135	272	251	28.85	311	51
DB SW 1	100	11	8	130	272	251	29.15	339	49
SNCF (Al)	90	12	7	130	263	238	30.76	345	64

EL BALASTO⁵⁶

El balasto es en general, el material que se coloca en la vía férrea, tales como granito, cuarcita, caliza, etc, entre la plataforma y el durmiente. Se comenzó a utilizar a raíz de hundirse las traviesas sobre la plataforma, al sufrir la vía grandes cargas. El espesor de la capa de balasto será mayor cuanto más grande sea la velocidad de los trenes, su peso, la intensidad del tráfico o más débil sea la plataforma; este espesor en ningún caso debe ser inferior a los 30 cm⁵⁷.

A este material se le asignan las siguientes funciones:

- Repartir uniformemente sobre la plataforma la carga que recibe el durmiente, de forma tal que su tensión admisible no sea superada.
- Estabilizar vertical, longitudinal y lateralmente la vía.
- Amortiguar, mediante su estructura pseudo-elástica, las acciones de los vehículos sobre la vía.
- Proporcionar una rodadura suave a los vehículos y una adecuada comodidad a los viajeros.
- Proteger la plataforma de las variaciones de humedad debidas al medio ambiente.

⁵⁵ Las dimensiones pueden cambiar de acuerdo a normas de país

⁵⁶ El material que mejor llena los requisitos de un balasto ideal es la piedra triturada aunque la piedra caliza, el granito y la lava volcánica son las variedades más empleadas.

⁵⁷ Carlos Crespo Villalaz .1996 Vías de comunicación caminos, ferrocarriles, aeropuertos, puente y puertos. Editorial Limusa México.Pag.544



- Facilitar la evacuación de las aguas lluvias.
- Permitir la recuperación de la calidad geométrica de la vía mediante operaciones de alineación y nivelación.
- Evitar el levantamiento de la vía férrea por efecto de heladas.

Para cumplir las funciones anteriores, los materiales usados como balasto deben poseer ciertas características, las que se refieren a lo siguiente:

- Naturaleza
- Curva granulométrica
- Forma Geométrica de las partículas
- Resistencia al Choque
- Resistencia al Desgaste
- Resistencia a la acción de la helada



Fig. 1.3.9 Balasto y durmiente⁵⁸



Fig. 1.3.10 Balasto⁵⁹

LA PLATAFORMA

Es el elemento de la vía que soporta los esfuerzos transmitidos por ella a través del balasto. Se encuentra por debajo del balasto y por encima del terreno por donde transcurre la vía⁶⁰.

Sus funciones son las siguientes:

- 1- Servir de apoyo a la estructura de la vía.
- 2- Evitar las deformaciones de la vía.

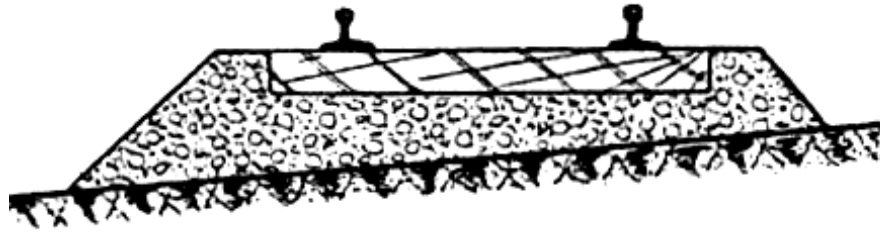
El material del que suele estar compuesta la plataforma es la roca o arena.

⁵⁸ <http://es.wikipedia.org/wiki/balasto>

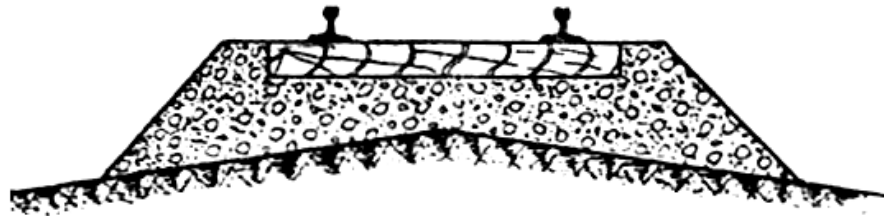
⁵⁹ <http://www.andaluciaimagen.com/fotos-via-p1m40a0in0I0IA0.htm>

⁶⁰ Unión Internacional de Ferrocarriles 1965. *Diccionario técnico de términos ferroviarios s2ad. Edición . Barcelona. Pág.625*





1.3.11 Plataforma de la vía con una sola inclinación⁶¹



1.3.12 Plataforma de la vía con dos aguas⁶²

Las solicitaciones sobre la plataforma y su magnitud son función de:

- La carga por eje
- Las características constructivas de los vehículos
- La velocidad de circulación de los trenes
- El espesor de la caja de balasto
- La densidad del tráfico
- Las condiciones climatológicas

De acuerdo con los factores que influyen en la capacidad portante de la plataforma el problema tiene una complejidad notable. En Europa se ha establecido por cálculos tanto teóricos como experimentales, que las solicitaciones están comprendidas entre 0,6 y 1 kg/cm², con lo que la plataforma de la vía debe tener una capacidad portante mínima de 1,0 kg/cm². Los suelos no cohesivos, como las gravas y arenas, normalmente aportan la resistencia necesaria. Para los suelos de carácter plástico, como algunos limos y arcillas, es necesario mejorarlos. Algunos estudios especializados dan las estimaciones que se indican en la tabla siguiente.

Resistencia de diferentes tipos de suelos	
Material	Tensión admisible (kg/cm ²)
Roca coherente	4,5
Banco de cantos rodados	3,5
Grava	3
Arcilla Seca	2,0 a 2,5

⁶¹ <http://www.umss.edu.bo/epubs/etexts/downloads/26/1.htm>

⁶² IDEM.



Arena Fina	1,0 a 1,5
Grava arcillosa	0,8 a 1,0
Arcilla húmeda	0,8 a 1,0
Arena con granulometría uniforme	0,4 a 0,6
Arcilla semiresistente	0,3 a 0,4
Arcilla blanda	0,2 a 0,3

SUJECIONES Y FIJACIONES

Las sujeciones y fijaciones son los elementos que hacen posible la continuidad estructural de la vía, uniendo el riel con los durmientes. Las principales funciones que deben desempeñar son las siguientes:

- Fijar los rieles a los durmientes.
- Asegurar la invariabilidad del ancho de la vía.
- Facilitar la transferencia a la infraestructura de las acciones estáticas y dinámicas ejercidas por el material rodante sobre la estructura de la vía.



1.3.13 Riel fijado con tirafondos⁶³

Las características básicas de las sujeciones de rieles son:

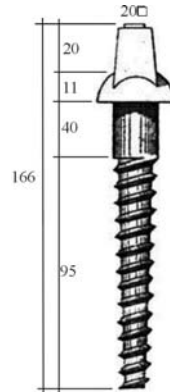
- Tener resistencia mecánica y elasticidad adecuada y constantes a lo largo de la vida de la sujeción.
- Contribuir al buen aislamiento eléctrico entre ambos rieles.
- Constar del menor número posible de elementos de peso mínimo, lo que facilitará su fabricación, montaje y conservación.
- Ofrecer un bajo costo, tanto en su fabricación como en su explotación y mantenimiento.
- Poseer una gran duración.

De acuerdo a la tipología de sus elementos principales y con su forma de actuar, las sujeciones se pueden clasificar en los siguientes tipos:

⁶³ <http://es.wikipedia.org/wiki/fijaciones>



- a) Sujeciones rígidas clásicas que son elementos clavados, como las escarpas o atornillados como los tirafondos, por uno de sus extremos y por el otro sirve de sujeción sobre el patín del riel.



1.3.14 Tirafondo⁶⁴

- b) Clavos elásticos, que combinan la sencillez de los elementos clavados con la ventaja de la elasticidad, incrementando su conservación y facilitando su montaje. Entre este tipo de sujeciones se tiene a Calvos Dorken, T-flex, Elastic flex, J-flex, etc.



Fig. 1.3.15 Clavo de vía⁶⁵

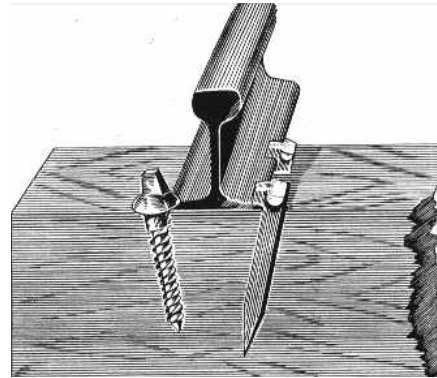


Fig. 1.3.16 Ejemplo de colocación de un tirafondo y un clavo rielero⁶⁶

- c) Sujeciones elásticas de lámina o grapa, que presenta una chapa de acero elástico, denominado grapa o lámina elástica que es unida a otros elementos como una chapa de gaulo, casquillo aislante de plástico, mediante un tornillo de acero o tirafondo en caso de tener durmiente de madera. Entre los principales tipos de estas sujeciones, están las sujeciones RN, CIL, C4, Heyback, etc.
- d) Sujeciones elásticas de clip, que cuentan con un elemento soporte de diferente forma para poder sujetar el patín del riel. La principal sujeción de este tipo es la Pandro.

⁶⁴ Las dimensiones de los tirafondos depende de las características del riel

⁶⁵ <http://html.rincondelvago.com/rieles.html>

⁶⁶ IDEM





1.3.17 Riel con sujeción pandrol⁶⁷

Fig. 1.3.18 Tirafondo Rielero⁶⁸



Fig. 1.3.19 Clavo Rielero⁶⁹



Fig. 1.3.20 Clavo Rielero Tipo Americano⁷⁰



Fig. 1.3.21 Perno Rielero Cuello Ovalado⁷¹



Fig. 1.3.22 Tuercas Bulldog⁷²



Fig. 1.3.23 Perno KZ⁷³



Fig. 1.3.24 Vastago de Anclaje⁷⁴



SILLAS DE ASIENTO⁷⁵

Habitualmente la interfaz entre el riel y el durmiente consiste en una placa metálica o elástica, o ambas, con lo cual se reduce la presión específica transmitida por el riel, protegiendo a los durmientes y dando elasticidad a la vía. Otras funciones que desempeñan las placas metálicas, denominadas sillas de asiento y las placas elásticas son:

- Servir de conexión entre el riel y el durmiente por medio de las sujeciones indirectas (silla de asiento).
- Contribuir al correcto posicionamiento del riel en el durmiente, tanto por lo que respecta al ancho de la vía como a la inclinación del aquél.
- Contribuir a evitar el desplazamiento longitudinal de los rieles (placas elásticas).
- Amortiguar las vibraciones que el riel transmite al durmiente (placas elásticas).
- Hacer solidarias todas las sujeciones de la silla de asiento para evitar los desplazamientos laterales del riel.



Fig.1.3.25a Sillita de asiento metálica^{76, 77}

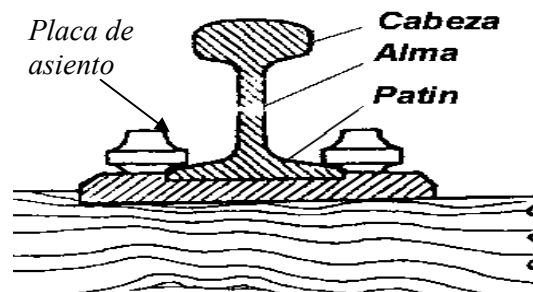


Fig.1.3.25b Riel sobre placa de asiento⁷⁸

SUBESTRUCTURA FERROVIARIA

La subestructura ferroviaria tiene como función básica proporcionar el apoyo a la superestructura de la vía, de modo que ésta no sufra deformaciones que impidan o influyan negativamente en la explotación, bajo las condiciones del tráfico que determinan el trazado de la vía. Por lo tanto, los problemas que la subestructura presenta pueden agruparse en dos aspectos:

1. Determinar su capacidad portante
2. Conocer las causas y efectos de las deformaciones y asentamientos

El primero de estos aspectos incide directamente sobre el dimensionamiento de la vía, en particular sobre el espesor óptimo de balasto; el segundo, sobre la degradación geométrica de la vía con el tráfico y el consiguiente incremento de los gastos de conservación.

El diseño y construcción de esta base de apoyo implica la existencia en la plataforma, de unas ciertas características resistentes, que deberán alcanzarse por tratamientos especiales cuando el suelo no alcance los niveles requeridos.

Básicamente lo que se hace es quitar toda la vegetación existente por donde pasará la vía y se quita la capa de suelo con materia orgánica presente (desmonte y despalme).



Después, basándose en los estudios de mecánica de suelos, se excava a una profundidad en la que se encuentre un suelo capaz de soportar la carga a la cual será sometido (profundidad de desplante). Al llegar a esa profundidad esta se escarifica el estrato encontrado y se compacta a un 95% de su peso volumétrico seco máximo, prueba proctor estándar.

Para darnos una idea de lo anterior, presentamos el siguiente croquis:

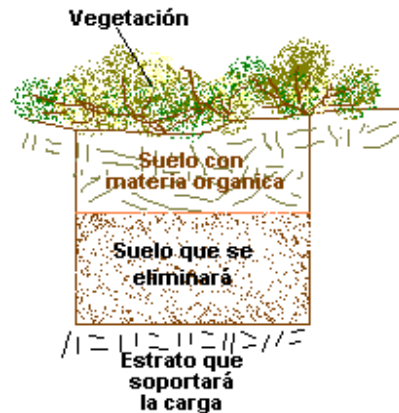


Fig. 1.3.26 Estado inicial del terreno⁷⁹

Una vez hecho lo anterior, se procede a realizar la formación de terraplén en capas de 20 cms. de espesor y compactadas al 95% de su peso volumétrico seco máximo prueba proctor estándar, hasta llegar al nivel de subrasante.

Se coloca la capa de sub-balasto, con un espesor mínimo de 8" y una compactación del 100% de su peso volumétrico seco máximo en la prueba proctor estándar.

Una vez colocada la capa sub-balasto, se coloca el balasto donde descansaran los durmientes y el riel.

A continuación, mostramos un croquis de cómo queda finalmente el perfil de la vía:

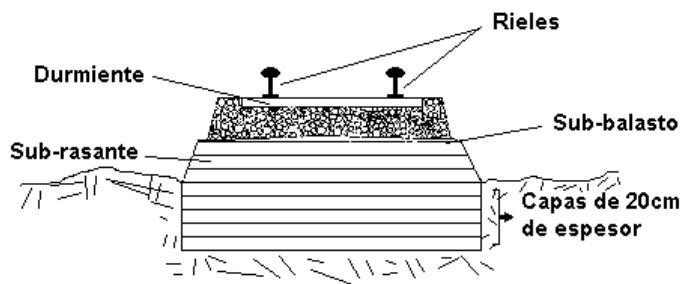


Fig. 1.3.27 Perfil de la vía ferroviaria⁸⁰

La calidad de un suelo se define por su naturaleza y su estado, variando sus propiedades de resistencia y deformación. La naturaleza del suelo se establece gracias a la identificación visual, granulometría,



sedimentación, límites de Atterberg, estudio Proctor-CBR y, eventualmente, el equivalente de arena, contenido de CO₃ y Ca y materia orgánica

Suelo Natural

Si las características del suelo encontrado, en lo que se refiere a la consideración de su capacidad portante y aspectos deformacionales permiten clasificarlo como apto para formar parte de la subestructura, se procederá simplemente al retiro de la capa de lecho superficial para dejarlo en las condiciones requeridas. Si estas circunstancias no concurren será preciso su sustitución por suelos de mejor calidad o a su tratamiento.

Cortes

Si las características geomecánicas del suelo encontrado una vez terminada la excavación ofrecen capacidad resistente y de deformación éste podrá ser incorporado a la subestructura. Si estas circunstancias no concurren, será precisa su sustitución por suelos de mejor calidad o a su tratamiento.

Terraplenes

Para la subestructura formada por terraplenes es preciso considerar lo siguiente:

- Naturaleza y estado de los materiales existentes en el terreno natural o base del terraplén.
- Naturaleza y estado de los materiales a usar en el núcleo del terraplén en su coronación y en la plataforma.

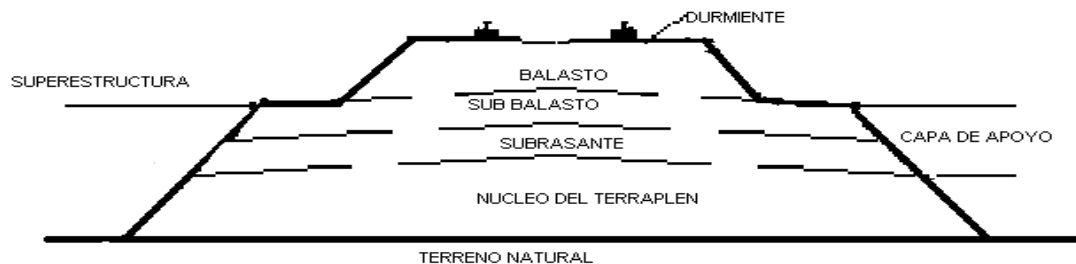


Fig. 1.3.28 Distribución de las capas de apoyo de la superestructura de la vía⁸¹

1.4 INFRAESTRUCTURA

La infraestructura ferroviaria incluye todas las instalaciones y edificaciones necesarias para el funcionamiento del ferrocarril: estaciones, vías, puentes y túneles, sistema de señales y comunicaciones, infraestructura de bloqueo de trenes y guiado, agujas, etc.⁸²

Elementos de la infraestructura

1) Los aparatos de vía: Permiten la ramificación y el cruce de los itinerarios del ferrocarril. Se distinguen varios tipos de aparatos de vía:

- Los desvíos, que permiten a un itinerario ramificarse en dos o más vías siendo los ejes de las vías tangentes entre sí.



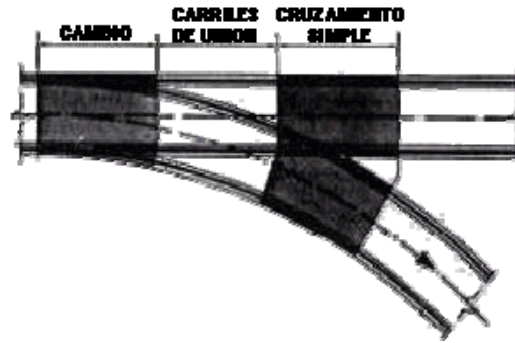
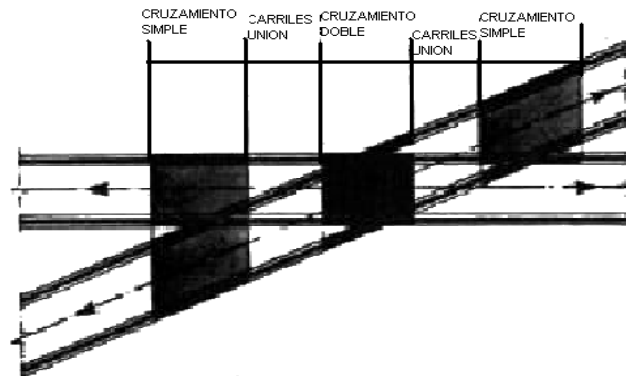


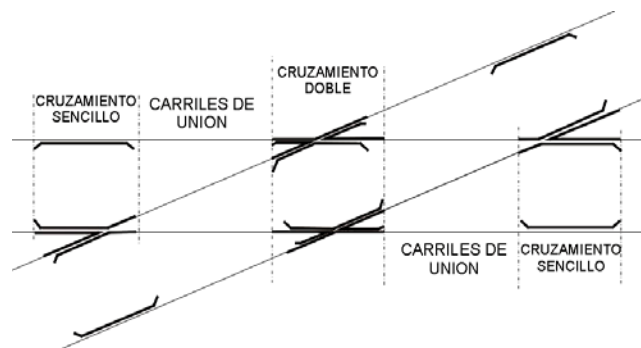
Fig. 1.4.1 Desvío⁸³

- Las travesías, que permiten la intersección de dos itinerarios y por lo tanto los ejes de las vías se cortan.



1.4.2 Travesía⁸⁴

- Los cruzamientos, lugares donde dos vías se cruzan, pero sin posibilidad de cambiar de una a otra.



1.4.3 Cruzamiento doble o entrevía oblicua⁸⁵

2) La vía:

La geometría de la vía dependerá de dos condicionantes:



- 1- El trazado de la línea, para la adaptación en todo lo posible a la superficie del terreno.
- 2- Otros condicionantes geométricos debidos a la circulación de vehículos tales como los peraltes, inclinación en rasantes, entrevía, nivelación, etc.
- 3) La señalización:

Todo sistema de señalización debe cumplir dos requisitos:

- Garantizar la seguridad de la circulación sin colisiones ni movimientos intempestivos de aparatos.
- Regular la circulación por medio de consignas preestablecidas o según las necesidades de cada momento.



Fig. 1.4.3 Tablero de precaución, paso a nivel⁸⁶

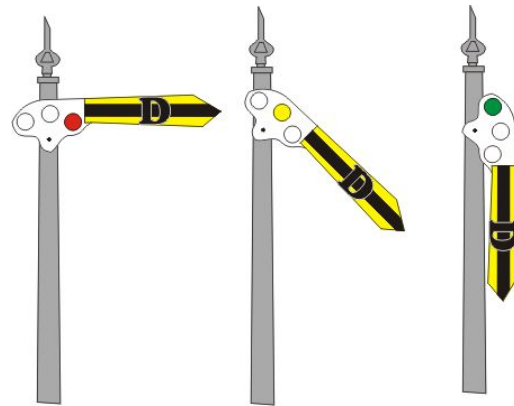


Fig. 1.4.4 Semáforo para desvío⁸⁷

- 4) La alimentación:

Según el tipo de tracción al que se refiera puede ser el combustible o la electricidad.

- 5) Subestaciones:

Las subestaciones son los puntos de paso de la energía para alimentar la línea de contacto.

Las tres partes de una subestación son las siguientes:

- Una parte de alta tensión unida a la red de alta tensión.
- Una segunda parte con uno o varios grupos de tracción que transforman la tensión.
- Una tercera parte que da salida de la corriente de tracción hacia la catenaria.

El sistema de mando centralizado de las subestaciones debe de cumplir una serie de requerimientos para garantizar la total seguridad y fiabilidad de toda línea ferroviaria.

- 6) Estaciones:

Una estación es el punto de referencia en el que el ferrocarril desarrolla su plan de transporte de trenes de viajeros y mercancías, siendo también el punto de transferencia entre el ferrocarril y la aglomeración urbana en cuya zona de influencia está situada.





1.4. 5 Estación Puerta de Atocha,
Madrid: los andenes⁸⁸

1.5 DRENAJE⁸⁹.

Las obras de drenaje son elementos estructurales que eliminan la inaccesibilidad de una vía, provocada por el agua o la humedad.

Los objetivos primordiales de las obras de drenaje son:

- Dar salida al agua que se llegue a acumular en el camino.
- Reducir o eliminar la cantidad de agua que se dirija hacia el camino.
- Evitar que el agua provoque daños estructurales.

De la construcción de las obras de drenaje, dependerá en gran parte la vida útil y facilidad de acceso.

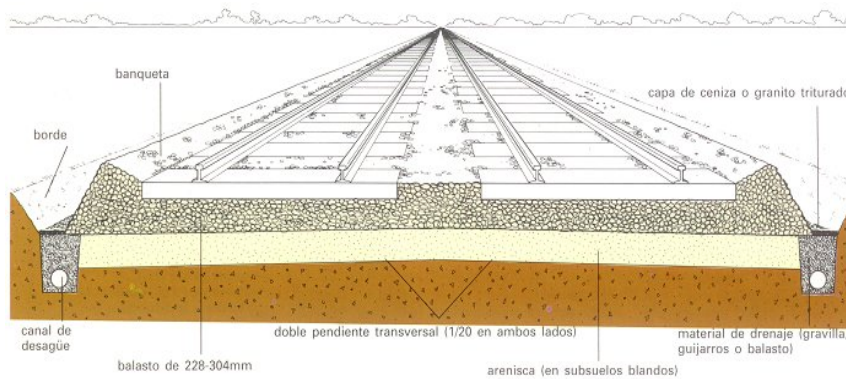


Fig. 1.5.1 Drenaje en vía férrea⁹⁰

Tipos de drenaje:

- DRENAJE SUPERFICIAL
- DRENAJE SUBTERRANEO
- **Drenaje superficial.**- Se construye sobre la superficie del camino o terreno, con funciones de captación, salida, defensa y cruce, algunas obras cumplen con varias funciones al mismo tiempo.

En el drenaje superficial encontramos: cunetas, contra cunetas, bombeo, lavaderos, zampeados, y el drenaje transversal.



- **Cunetas.-** Las cunetas son zanjas que se hacen en uno o ambos lados del camino, con el propósito de conducir las aguas provenientes de la corona y lugares adyacentes hacia un lugar determinado, donde no provoque daños, su diseño se basa en los principios de los canales abiertos.

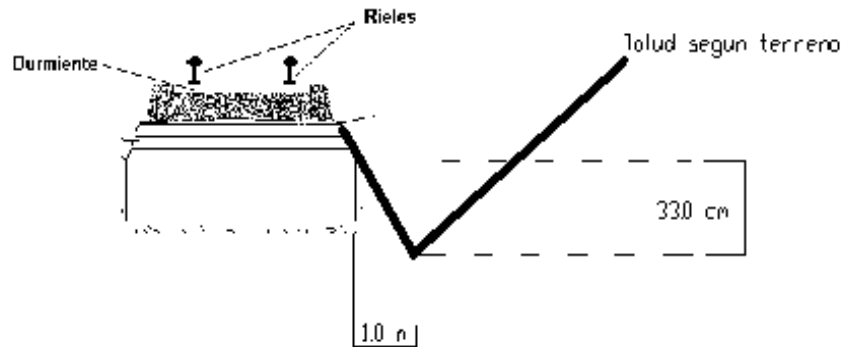


Fig. 1.5.2 Vía con cuneta

Se evitara dar una gran longitud a las cunetas, mediante el uso de obras de alivio. En algunos casos será necesario proteger las cunetas mediante zampeados, debido a la velocidad provocada por la pendiente.

- **Las contra cunetas** son zanjas que se construyen paralelamente al camino, de forma trapecial comúnmente, con plantilla de 50 cm y taludes adecuados a la naturaleza del terreno. La función de las contra cunetas es prevenir que llegue al camino un exceso de agua o humedad, aunque la practica ha demostrado que en muchos casos no es conveniente usarlas, debido a que como se construyen en la parte aguas arriba de los taludes, provocan reblandecimientos y derrumbes.
- **Bombeo.-** Es la inclinación que se da ha ambos lados de la vía, para drenar la superficie del mismo, evitando que el agua se encharque provocando reblandecimientos o que corra por el centro del camino causando daños debido a la erosión. El bombeo depende del camino y tipo de superficie, se mide su inclinación en porcentaje y es usual un 2 a 4 por ciento.
- **Lavaderos.-** Son pequeños encauzamientos a través de cubiertas de concreto, lamina, piedra con mortero o piedra acomodada que se colocan en las salidas de las alcantarillas o terrenos erosionables, eliminando los daños que originaria la velocidad del agua.

Drenaje transversal.- Su finalidad es permitir el paso transversal del agua sobre un camino, sin obstaculizar el paso.





Fig. 1.5.4 Drenaje transversal⁹¹

En este tipo de drenajes, algunas veces será necesario construir grandes obras u obras pequeñas denominadas obras de drenaje mayor y obras de drenaje menor, respectivamente.

Las obras de drenaje mayor requieren de conocimientos y estudios especiales, entre ellas podemos mencionar los puentes, puentes –vado y bóvedas.

Aunque los estudios estructurales de estas obras son diferentes para cada una, la primera etapa de selección e integración de datos preliminares es común.

Así con la comparación de varios lugares del mismo río o arroyo elegiremos el lugar más indicado basándonos en el ancho y altura del cruce, de preferencia que no se encuentre en lugares donde la corriente tiene deflexiones y aprovechando las mejores características geológicas y de altura donde vamos descendiendo o ascendiendo con el trazo.

Las bóvedas de medio punto construidas con mampostería son adecuadas cuando requerimos salvar un claro con una altura grande de la rasante al piso del río.

Los vados son estructuras muy pegadas al terreno natural, generalmente losas a piso, tienen ventajas en cauces amplios con tirantes pequeños y régimen torrencial por corto tiempo. La construcción de vados es económica y accesibles a los cambios rurales por el aprovechamiento de los recursos del lugar, ya que pueden ser construidos de mampostería, concreto simple, ciclópeo y hasta de lamina. Su diseño debe evitar provocar erosión aguas arriba y aguas abajo, además de evitar que se provoque régimen turbulento que también son causa de socavación.

El puente – vado, es una estructura en forma de puente y con características de vado, que permite el paso del agua a través de claros inferiores en niveles ordinarios, y por la parte superior cuando se presentan avenidas con aguas máximas extraordinarias.

La altura de la obra debe permitir que cuando se presenten avenidas en aguas máximas extraordinarias los árboles u objetos arrastrados no dañen la estructura.

Los puentes son estructuras de más de seis metros de claro, se distingue de las alcantarillas por el colchón que estas llevan en la parte superior.



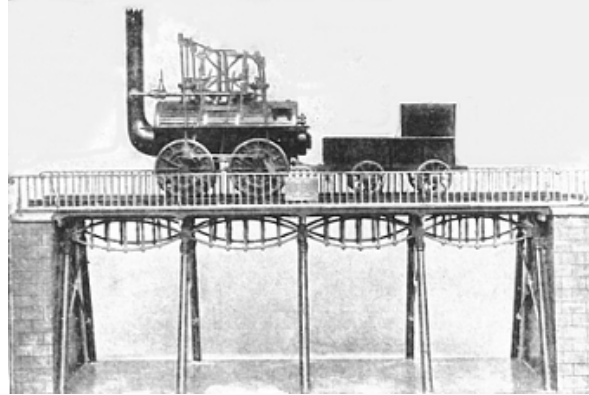


Fig. 1.5.5 La "Locomotion", construida por Stephenson en 1825, sobre el primer puente ferroviario⁹²

Obras de drenaje menor:

Las alcantarillas son estructuras transversales al camino que permiten el cruce del agua y están protegidas por una capa de material en la parte superior, pueden ser de forma rectangular, cuadrada, de arco o tubular, se construyen de concreto, lamina, piedra o madera.

Drenaje subterráneo.- el drenaje subterráneo es un gran auxiliar para eliminar humedad que inevitablemente ha llegado al camino y así evitar que provoque asentamientos o deslizamientos de material.

Son usuales los drenes ciegos que consisten en zanjas bajo las cunetas rellenas con material graduado con una base firme que evite filtraciones mas allá de donde se desea, dirigiendo el agua hacia un lugar donde se le pueda retirar de manera superficial del camino, las dimensiones varían según las características hidrológicas del lugar donde se van a construir, son funcionales en varios tipos de camino. La plantilla de estos es de 45 cm. Y de 80 a 100 cm. De profundidad, el material se graduará cuidadosamente en capas con tamaños uniformes.

También se usan con el mismo fin drenes con tubos perforados que recogen el agua de la parte inferior del camino bajo las cunetas, su construcción consiste en la apertura de una zanja para colocar un tubo de barro o concreto que canalice el agua.

El cuidado con que se coloquen los tubos, la determinación de su diámetro y resistencia, influirá en la funcionalidad y duración del dren.

El diámetro no será menor a quince centímetros con numerosas perforaciones, relleno con material adecuado para evitar taponamientos que junto con las roturas del tubo, son las principales fallas de este tipo de drenaje.

Cualquier tipo de drenaje subterráneo, debe permitir una salida fácil del agua con pendiente adecuada no menor del medio por ciento





1.5.6 Drenaje⁹³

1.6 MECANICA DE VIAS⁹⁴

Una curva circular de radio R , es recorrida por un tren de peso W (cuyo centro de gravedad se localiza a 1.70 mts. sobre el riel), a cierta velocidad V , tal que produce una fuerza centrífuga inversamente proporcional al radio de la curva y proporcional al cuadrado de la velocidad tangencial. $\frac{MV^2}{R}$

Esa fuerza transversal, provoca mayor presión sobre el riel exterior, lo cual demanda sobre-elevarlo para crear otra componente horizontal = W_e transversal del peso W que equilibre a la centrífuga y produzca reacciones iguales en ambos rieles; se comprende que la igualdad ocurre solo para la velocidad llamada de equilibrio la cual sucede ocasionalmente en la práctica, donde los trenes rápidos exceden la velocidad V_{eq} . Y presionan el riel exterior más que el interior, hasta el extremo de llegarse a anular la presión sobre el riel de adentro y causar el volcamiento; en tanto que los trenes lentos (con la V menor que la V_{eq}) produce mayor presión en el riel interior gastándolo y volteándolo tras arrancar los clavos y los tirafondos.

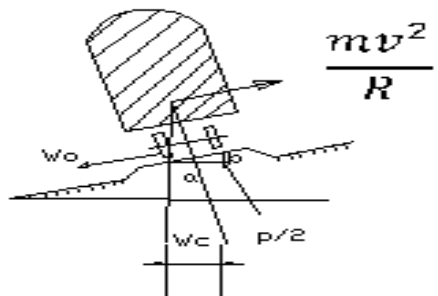


Fig. 1.6.1 partes de la sobre-elevación⁹⁵

Sobre-elevación de EQUILIBRIO (e)

$$e(\text{cm}) = \frac{V^2 G}{1000} \quad (\text{sistema métrico})$$

(V) en kph

Vía ancha 1.435 mts. $e'' = 0.0007 V^2 G$ (sistema ingles)

La sobre elevación de riel, es auxiliada por cierta fricción tolerable de las cejas de las ruedas con el interior lateral del hongo en uno u otro riel, según se trate de un tren lento o rápido.



Esta fricción lateral se suma algebraicamente a la componente del plano inclinado (sobre elevación) para equilibrar la fuerza real (mayor o menor) centrífuga producida por un tren dentro del amplio margen de velocidades alrededor de la velocidad de equilibrio.

METODO ITALIANO

(PROMEDIA LAS VELOCIDADES DE LOS TRENES LENTOS CON LOS RAPIDOS)

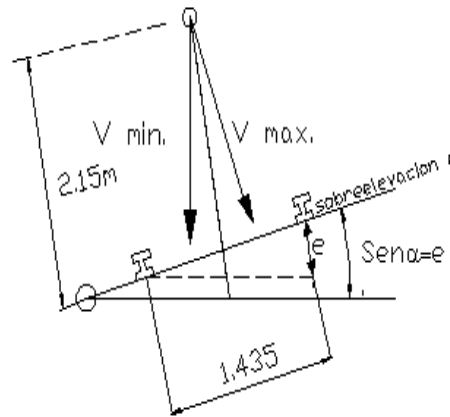


Fig. 1.6.2 sobreelevacion para velocidades de trenes lentos⁹⁶

Supone el centro de gravedad del equipo a 84" pulgadas= 2.15m, sobre los rieles según norma AREA y consideramos escantillón estándar 1,435m.

Según la norma italiana: $e = 11.8 \left(\frac{V^2 - v^2}{2R} \right)$

El equilibrio usado es la mediana geométrica que producirá iguales reacciones en ambos rieles para el promedio.

METODO AMERICANO

La figura señala el método americano para equilibrar con la fórmula teórica (sin fricción lateral) para la velocidad de los trenes lentos; una sobre elevación adicional imaginaria de 3" pulgadas define la velocidad de trenes pasajeros (confort) 3" pulgadas dividido entre el escantillón, marca un ángulo cuyo

seno es $\frac{0.075}{1.435} = 0.052 = 3^\circ$

Este ángulo representa el desplazamiento de la resultante igual a $0.052 \times 2.15 = 0.11\text{m}$, admitido por los trenes rápidos.



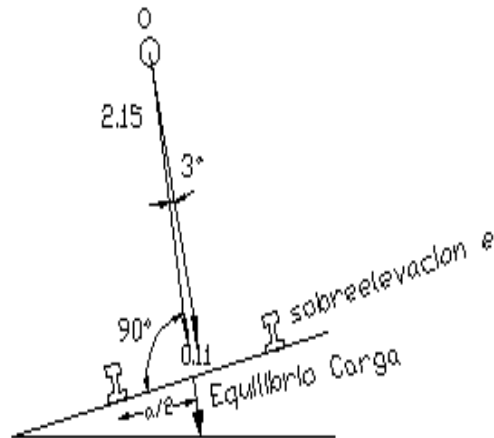


Fig.1.6.3 sobre elevación para la velocidad de los trenes lentos⁹⁷

La presión sobre el riel exterior, se hace menor que $W/2$ para todos los trenes, en tanto se aumenta la presión sobre el riel interior; siendo discrepante del método americano que equilibra, (reacciones iguales en los 2 rieles) a los lentos trenes de carga, pero los pasajeros presionan al riel exterior, con fuerza adicional de un equilibrio virtual de 3" pulgadas de extra sobre elevación.

Los métodos dependen de la resistencia de la fijación de la vía en diferentes países, donde los clavos de vía y los tirafondos, difieren considerablemente.

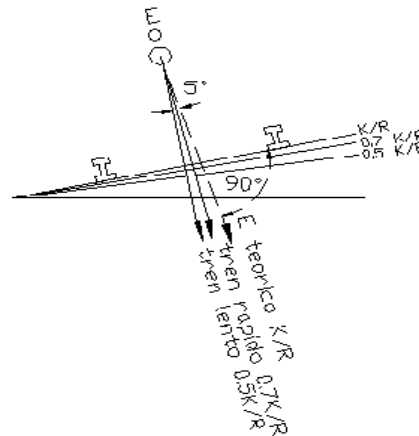


Fig.1.6.4 sobre elevación para trenes de carga y pasajeros⁹⁸

CALCULO DE LA SOBRE-ELEVACION DE EQUILIBRIO

Sobre elevación.- De terracerías: desnivel transversal entre los puntos extremos de la corona en una curva, del alineamiento horizontal.- Del riel: desnivel transversal entre los hongos de los rieles en una curva, del alineamiento horizontal.



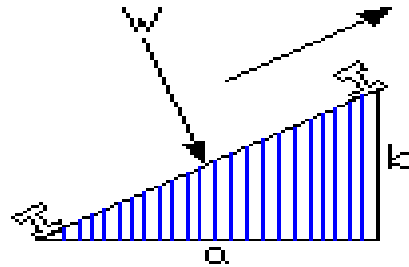


Fig. 1.6.5 Sobreelevacio (b) Confort De Un Ferrocarril (W) Para Que No Se Descarrile⁹⁹.

SOBRE ELEVACION CONFORT. (METODO AMERICANO)

Experimentalmente, se ha establecido que los trenes rápidos (pasajeros descendiendo) pueden recorrer curvas a una mayor velocidad que la de equilibrio, equivalente a una imaginaria sobre elevación adicionada en 3” pulgadas tal que la velocidad de equilibrio (e + 3”) = velocidad confort, absorbiéndose el esfuerzo adicional, con el roce lateral de la caja de las ruedas con los rieles.

DIVERSAS clases de velocidades para una sobre elevación “e” dada a una curva de radio R.En

general: $e = K V^2 G$; de donde $V = \sqrt{\frac{e}{KG}}$ para una curva, e y k son constantes, llamamos $\sqrt{\frac{e}{K}} = C$

Por otro lado, G es la inversa al radio, de modo que:

- La velocidad de equilibrio aproximado (Veq) $c\sqrt{R}$
- La limite (según normas alemanas)= V máx. $3\sqrt{R}$
- Limite según SNCF v máx. $4.5\sqrt{R}$
- La máxima pasajeros “confort americana” $5\sqrt{R}$
- Los Fsc. Ingleses usan velocidad v máx. $3.8\sqrt{R}$
- Y la velocidad d volcamiento. $4\sqrt{R}$
- $8\sqrt{R}$ (aproximado)

Ver tabla no. 3

Para obtener velocidad máxima para trenes de pasajeros (confort) basta aumentar 75 mm a la sobreelevación teórica (3”pulgadas).





TABLA 3¹⁰⁰

GRADO DE CURVATURA	VELOCIDAD EN KILOMETROS POR HORA																				
	20.00	25.00	30.00	35.00	40.00	45.00	50.00	55.00	60.00	65.00	70.00	75.00	80.00	85.00	90.00	100.00	110.00	120.00	130.00	140.00	
0.30	2.00	3.00	5.00	6.00	8.00	10.00	13.00	15.00	18.00	21.00	25.00	28.00	32.00	36.00	41.00	50.00	61.00	72.00	85.00	98.00	
1.00	4.00	6.00	9.00	12.00	16.00	20.00	25.00	30.00	36.00	42.00	49.00	56.00	64.00	72.00	81.00	100.00	121.00	144.00	150.00	150.00	
1.30	6.00	9.00	14.00	18.00	24.00	30.00	38.00	45.00	54.00	63.00	74.00	84.00	96.00	108.00	122.00	150.00					
2.00	8.00	13.00	18.00	25.00	32.00	41.00	50.00	61.00	72.00	85.00	98.00	113.00	128.00	145.00	150.00						
2.30	10.00	16.00	23.00	31.00	40.00	51.00	63.00	76.00	90.00	106.00	123.00	141.00	150.00								
3.00	12.00	19.00	27.00	37.00	48.00	61.00	75.00	91.00	108.00	127.00	147.00	150.00									
4.00	16.00	25.00	36.00	49.00	64.00	81.00	100.00	121.00	144.00	150.00											
5.00	20.00	31.00	45.00	61.00	80.00	101.00	125.00	150.00													
6.00	24.00	36.00	54.00	74.00	96.00	122.00	150.00														
7.00	28.00	44.00	63.00	86.00	112.00	142.00	150.00														
8.00	32.00	50.00	72.00	96.00	128.00	150.00															
9.00	36.00	56.00	81.00	110.00	144.00	150.00															
10.00	40.00	63.00	90.00	123.00	150.00																

TABLA COMPARATIVA ENTRE VELOCIDAD Y GRADO DE CURVATURA PARA OBTENER UNA SOBREELEVACION ADECUADA (CONFORT)

TRAMO DE TRANCISION

El trafico demanda en general una sobreelevación ($e = \frac{KV^2}{G}$) y esa magnitud es requerida a partir del P.C. donde se inicia la curva de radio R, hasta su término en el PT, resultado indispensable tener que pasar atreves de transiciones en los extremos de la curva; desde la sección transversal a nivel (que corresponde a la tangente), hasta la sobre elevación a que corresponda la curva; lo cual demandaría teóricamente, tener que partir desde un radio infinito y realizar una curva clotoide de muy trazado.

BIBLIOGRAFÍA

- Carlos Crespo Villalaz. 1996 Vías de Comunicación Caminos, Ferrocarriles, Aeropuertos, Puentes y Puertos. Editorial Limusa. México. pág.532-552





- Francisco M. Tognoli 1982. Ferrocarriles. 2da. Ed. Representaciones y Servicios de Ingeniería S.A. México pág. 56-59, 92-96
- Ferrocarriles Nacionales de México 1996. Caminos de Hierro, 1era. Ed. pág. 85-238
- Unión Internacional de Ferrocarriles 1965. Diccionario Técnico de Términos ferroviarios 2da. Ed. Barcelona
- Enciclopedia SALVAT Diccionario Tomo V 1976. Salvat Editores, S.A. Barcelona pág. 1392-1394
- Enciclopedia Historia de México Tomo IV 1978, Enciclopedia de México S.A. México Pág. 242-304
- Especificaciones Generales Para Proyecto Geométrico, Para Entrar En Vigor El 1 de Noviembre De 1960 Secretaria De Obras Publicas Expide con el Fundamento en el Artículo 11 de Ley de la Secretaria y Departamentos Del Estado.

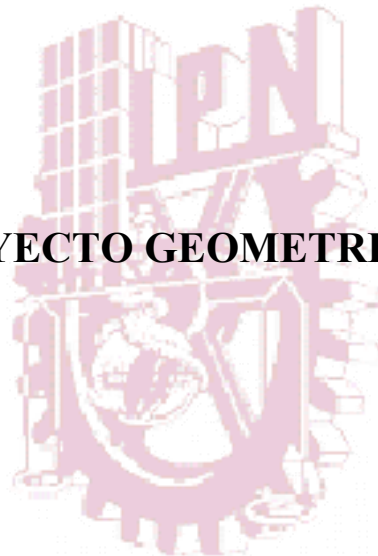
Páginas Internet

- http://es.wikipedia.org/wiki/Metro_de_la_Ciudad_de_M%C3%A9xico
- www.cantabriatradicional.com/.../ferrocarril.htm
- <http://www.andaluciaimagen.com/fotos-via-p1m40.htm>
- http://es.wikipedia.org/wiki/Subestructura_feroviaria
- <http://www.sectra.cl/.../redefe.htm>
- http://www.sectra.cl/.../redefe/seccion_2_3.htm
- http://es.wikipedia.org/wiki/Sillas_asiento
- http://caminos.construaprende.com/entrada/fer/cap3/cap3_2.php
- http://www.sapiensman.com/old_trains/
- http://es.wikipedia.org/wiki/Se%C3%B1ales_de_ferrocarril
- [http://gitel.unizar.es/contenidos/cursos/FTE/Web_Ferrocarriles/INFRAESTRUCTURA\(La_via--Aparatos_de_via\).htm](http://gitel.unizar.es/contenidos/cursos/FTE/Web_Ferrocarriles/INFRAESTRUCTURA(La_via--Aparatos_de_via).htm)
- <http://www.umss.edu.bo/epubs/etexts/downloads/26/1.htm>
- <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=321518&page=58>





2- PROYECTO GEOMETRICO





PROYECTO GEOMETRICO.

El proyecto geométrico de una vía férrea esta integrada por la Elección de la Ruta, el Anteproyecto y el Proyecto Definitivo.

ELECCIÓN DE LA RUTA.¹

Ruta: Es la franja de la corteza terrestre donde se construirá una vía terrestre y su ancho es variable, pues es amplia al principio del proyecto y solo tiene el ancho del derecho de vía al final del trabajo.

La elección de la ruta es la etapa más importante ya que de haber errores que se cometen en las etapas subsecuentes se corrigen de una manera más fácil y económica.

Para realizar el proyecto de una obra determinada, se efectúa primero un acopio exhaustivo de datos de la zona por comunicar, mediante mapas de país, del estado o del municipio, de preferencia con curvas de nivel; mapas de climas, geológicos y de minas; fotografías aéreas.

En México se pueden utilizar con mucho éxito los planos y fotografías a escala del Instituto Nacional de Estadística, geografía e Informática. Los especialistas integrantes del equipo de selección de ruta analizan todo este material y proponen diferentes alternativas, que primero reconocen y estudian en vuelos altos en los que se utilizan avionetas.



Fuente: Google Earth

Apoyados en una imagen de satélite, esta nos muestra lo que es una área de influencia que se utilizara para realizar los estudios previos para la realización de un proyecto que pudiera ser tanto para un camino, como para una vía ferroviaria.

Es posible obtener datos de pendientes longitudinales y transversales del terreno; tipo y densidad del drenaje natural; formaciones de rocas y suelos; y presencia de fallas estructurales, bancos de materiales para construir la obra y zonas pantanosas y de inundación.

¹. OLIVERA Bustamante Fernando, 1996. Estructuración de Vías Terrestres. 2ª Ed. Continental. México. Pp. 25 – 26





ANTEPROYECTO.²

Para realizar el anteproyecto de una obra ferroviaria, primero se requiere conocer los elementos del proyecto geométrico, los cuales se agrupan, para su estudio, en: alineamiento horizontal, alineamiento vertical y secciones transversales de la obra.

ELEMENTOS DEL PROYECTO GEOMETRICO.

1.- Alineamiento Horizontal.

El alineamiento horizontal es la proyección del centro de la línea de una obra ferroviaria sobre un plano horizontal. Sus elementos son tangentes y curvas horizontales. La posición de los puntos y elementos de un proyecto geométrico, tanto en planta como en elevación esta ligada los datos geodésicos del banco mas cercano a la obra.

Las tangentes de alineamiento horizontal tienen longitud, la cual es la distancia existente entre el fin de la curva horizontal anterior y el principio de la curva siguiente; y dirección la cual es el rumbo.

La longitud mínima de una tangente horizontal es aquella que se requiere para cambiar en forma conveniente la curvatura, la pendiente transversal y el ancho de la corona.

En general, para cambiar la dirección de un ferrocarril de una tangente horizontal a otra se requieren curvas cuya longitud sea proporcional a la variación de la aceleración centrífuga. Como no es posible utilizar una espiral para realizar el cambio, se utilizan dos, una de entrada y una de salida, y se acostumbra colocar entre ellas una curva circular en la que no hay cambios de aceleración centrífuga y se identifican por su grado de curvatura.

2.- Alineamiento Vertical.

Las tangentes verticales están definidas por su longitud y su pendiente cuyos elementos son el cadenamiento y la elevación.

Para el proyecto de alineamiento vertical se definen tres tipos de pendientes, mínima, gobernadora y máxima. La mínima se requiere para asegurar el drenaje de la corona del camino y se especifica de 0.5%. La pendiente gobernadora, en teoría, se puede mantener en forma indefinida a lo largo de todo el trazo y por último la pendiente máxima es la mayor que se puede usar en un proyecto. Las pendientes mayores que la gobernadora, incluyendo a la máxima, solo se pueden usar en las longitudes críticas. Las pendientes gobernadoras y máxima se especifican en función del tipo de camino y de la topografía de la zona.

El alineamiento vertical estará constituido por una combinación de pendientes verticales y curvas que dentro de las alternativas, hará que el tiempo de recorrido sea el menor.

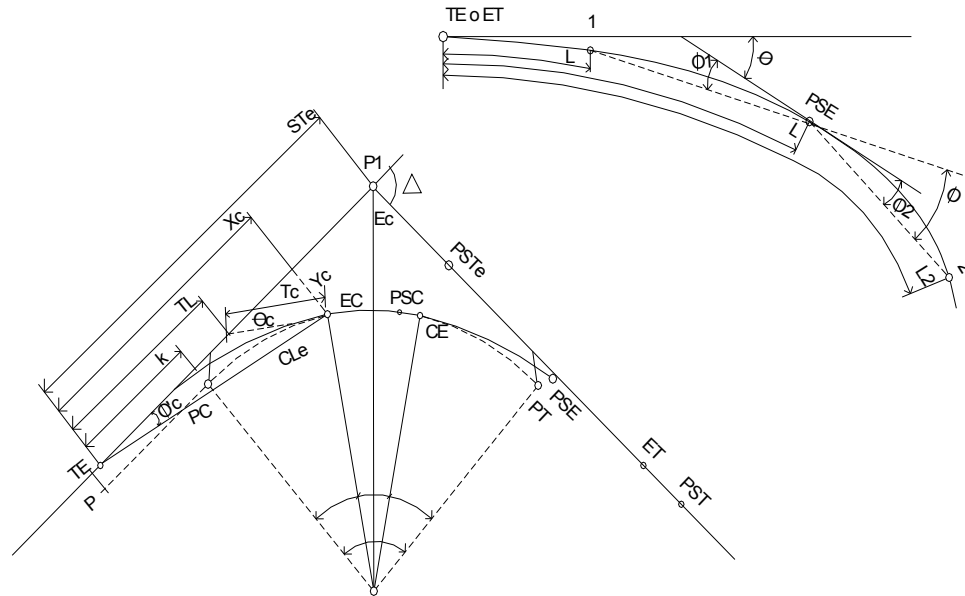
²OLIVERA Bustamante Fernando, 1996. Estructuración de Vías Terrestres, 2a Ed. Continental, México., Pp.27-31





El paso de una tangente vertical a otra se realiza por medio de las curvas verticales, cuya característica principal es que la componente horizontal de la velocidad de los vehículos es constante a través de ella.

La curva que cumple con esta peculiaridad es la parábola; de esta hay dos tipos: en Cresta y en Columpio. La longitud de las curvas verticales debe garantizar el drenaje, tener buena apariencia y proporcionar comodidad.



- PI Punto de intersección de las tangentes.
- TE Punto donde termina la tangente y empieza la espiral
- EC Punto donde termina la espiral y empieza la curva circular
- CE Punto donde termina la curva circular y empieza la espiral
- ET punto donde termina la espiral y empieza la tangente
- PSC Punto cualquiera sobre la curva circular
- PSE Punto cualquiera sobre la espiral
- PST Punto cualquiera sobre las tangentes
- PSTe Punto cualquiera sobre las subtangentes
- Δ Angulo de flexión de las tangentes
- Δc Angulo central de la curva circular
- Δe Deflexión de la espiral en el EC o CE
- θ Deflexión de la espiral en un PSE
- φc Angulo de la curda larga
- φ1 Angulo entre la tangente a un PSE y una cuerda atrás
- φ2 Angulo entre la tangente a un PSE y una cuerda adelante
- φ Angulo entre dos cuerdas de la espiral
- Xc Coordenadas del EC o del CE
- Yc
- k
- Coordenadas del PC o del PT (desplazamiento)
- P
- STe Subtangente
- Tangente larga
- TC Tangente corta
- CLe Cuerda larga de la espiral
- Ec Externa
- Rc Radio de la curva circular
- L Longitud de la espiral a un PSE
- Le Longitud de la espiral al EC o CE
- Lc Longitud de la curva circular
- Lt Longitud de la curva circular con espirales

$$Dc = D^2 \cdot qe$$

$$qe = GcLe/40$$

$$q = (L/Le)^2 \Delta e$$

$$\Delta' = qe/3$$

$$\Delta = (L * L(2L + L q o)/(3 Le^2)$$

$$\Delta 2 = (L2 * L)(2L + L2)qe/(3 Le^2)$$

$$\Delta = (L2 - L1)(L + L1 + L2)qe/(3 Le^2)$$

$$Xc = (Le/100)(100 - 0.0035qe^2)$$

$$Yc = (Le/100)(0.582qe - 0.0000126 qe^3)$$

$$k = Xc - Rc \text{ sen } qe$$

$$P = Yc - Rc \text{ sen } \text{ver } qe$$

$$Ste = k + (Rc + p) \text{ tang } D/2$$

$$TL = Xc * Yc \text{ cot } qe$$

$$TC = Yc \text{ ecs } qe$$

$$CLe = (Xct Yc) / 2$$

$$Ec = (Rc + p) \text{ sen } (D/2) - Rc$$

$$Rc = 1145.92/Gc$$

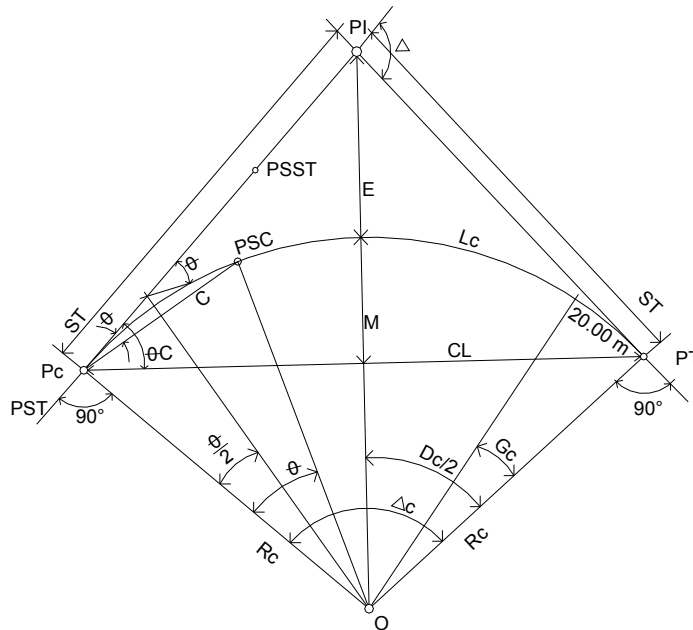
$$Le = 8VS \text{ (mínimo)}$$

$$Lc = 20Dc / Gc$$

$$Lt = Le + 20D / Gc$$

Elementos de la curva circular con espirales.³





- | | | | |
|------|---|----|---|
| PC | Punto donde comienza la curva circular simple | PI | Punto de Intersección de la prolongación de las tangentes |
| PT | Punto donde termina la curva circular simple | | |
| PST | Punto sobre tangente | | |
| PSST | Punto sobre subtangente | | |
| PSC | Punto sobre la curva circular | | |
| O | Centro de la curva circular | | |
| Δ | Angulo de deflexión de la tangente | | |
| Δc | Angulo central de la curva circular | | |
| θ | Angulo de una cuerda cualquiera | | |
| φ | Angulo de la cuerda larga | | |
| Gc | Grado de curvatura de la cuerda circular | | |

Rc	Radio de la curva circular	$Rc = \frac{1145.92}{Gc}$
ST	Subtangente	$ST = Rc \tan \frac{\Delta c}{2}$
E	Externa	$E = Rc \left(\sec \text{ante} \frac{\Delta c - 1}{2} \right)$
M	Ordenada Media	$M = Rc \text{sen} \text{Ver} \frac{\Delta c}{2}$
C	Cuerda	$C = 2Rc \text{sen} \frac{\theta}{2}$
CL	Cuerda larga	$CL = 2Rc \text{sen} \frac{\Delta c}{2}$
l	Longitud de un arco	$l = \frac{20\theta}{Gc}$
Lc	Longitud de la curva circular	$Lc = \frac{20\Delta c}{Gc}$

Elementos de la curva circular simple.⁴

⁴ OLIVERA Bustamante Fernando, 1996 Estructuración de Vías Terrestres_2a Ed. Continental México Pp.33





3.- Sección Transversal de una Obra Ferroviaria.⁵

La sección transversal de una obra ferroviaria es un corte acorde a un plano vertical y normal al centro de la línea en el alineamiento horizontal, además que permite observar la disposición y las dimensiones de sus elementos, mostrados en la figura siguiente, que deben concordar con las normas.

El proyecto geométrico de vías terrestres se realiza al nivel de la línea subrasante, por lo que las dimensiones que se deben manejar son las que se tendrán a ese nivel.

En tangentes horizontales, la pendiente transversal es el bombeo que se hace en la corona hacia ambos lados para permitir el desalojo rápido del agua de la lluvia y esta varía de 2 a 3%.

En las curvas de alineamiento horizontal, la sección transversal se denomina sobreelevación y es la pendiente que se da a la corona completa de la obra ferroviaria hacia el centro de la curva. Además de asegurar el drenaje, su función es contrarrestar junto con la fricción, la fuerza centrífuga que obra sobre los ferrocarriles.

METODOLOGIA DEL ANTEPROYECTO⁶

Tanto el anteproyecto como el proyecto definitivo se puede realizar por el método tradicional de brigadas terrestres de localización o por el método fotogramétrico, de acuerdo con el tipo de topografía.

PROYECTO DEFINITIVO

El proyecto definitivo de una vía terrestre consiste en los estudios de campo y de gabinete necesarios para producir los planos definitivos, los volúmenes de obra y sus presupuestos. Estos estudios son los siguientes:

- a) Implantación de la línea definitiva en el campo.
- b) Estudio de movimiento de tierras.
- c) Proyecto de drenaje artificial.
- d) Proyecto de puentes, pasos a desnivel en entronques, etcétera.

En este capítulo se explicaran únicamente los dos primeros estudios enumerados y en el siguiente capítulo se describirá el proyecto de drenaje artificial.

IMPLANTACION DE LA LINEA DEFINITIVA EN EL CAMPO

Con el apoyo en la poligonal abierta, trazada y nivelada en la etapa de anteproyecto, se traza la línea definitiva (incluidas tangentes y curvas espirales y circulares).

⁵OLIVERA Bustamante Fernando, 1996.Estructuración de Vías Terrestres. 2ª Ed. Continental. México. . Pp. 34

⁶OLIVERA Bustamante Fernando, 1996.Estructuración de Vías Terrestres. 2ª Ed. Continental. México. . Pp. 37-40





ESTUDIO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

Cuando se ha trazado y nivelado la línea definitiva en el campo, se inicia el estudio de movimiento de terracerías con el proyecto del subalasto (subrasante) definitivo. El subalasto se basa en las normas de proyecto relativas a la combinación posible de las pendientes de las tangentes verticales, el proyecto de drenaje, a fin que la rasante tenga la posición adecuada para dar cabida a las obras; y las recomendaciones geotécnicas en cuanto a la capacidad de carga del terreno natural, la posición del nivel de aguas freáticas o máximas, las zonas de inundación, la altura mínima del terraplenes, etcétera.

Con base en los alineamientos horizontal y vertical, las secciones de construcción del camino se proyectan sobre el dibujo de las secciones transversales del terreno, marcando para cada estación la colocación del subalasto (subrasante) en el centro de la línea, que quedara así:

Hacia arriba si se trata de terraplén.

Hacia abajo si es corte.

De acuerdo con la distancia entre centros de gravedad, los acarrees se calculan así:

En m³- estación, hasta distancias de 120 m.

En m³- hectómetro hasta distancias de 520 m.

En m³- kilómetro para préstamos de banco

La planta del Ferrocarril emplea líneas rectas, curvas circulares simples, compuestas y espirales, en tanto que el perfil del eje de la vía, esta constituido por varias líneas rectas (con diversas pendientes), unidas por curvas parabólicas.

El diseño para las vías en camino, representan cerca del 90% de la longitud de una línea, y sus especificaciones generales deben depender del trafico del ferrocarril, de horario requerido por los trenes y del costo de construcción y de operación, de tal modo que se obtenga un costo anual Mínimo para la unidad de trafico producida.

CURVAS CIRCULARES⁷

Las cuerdas o el arco de 20 metros son la base del cálculo y trazo de las curvas según unidades métricas, donde los ángulos se miden en grados y minutos.

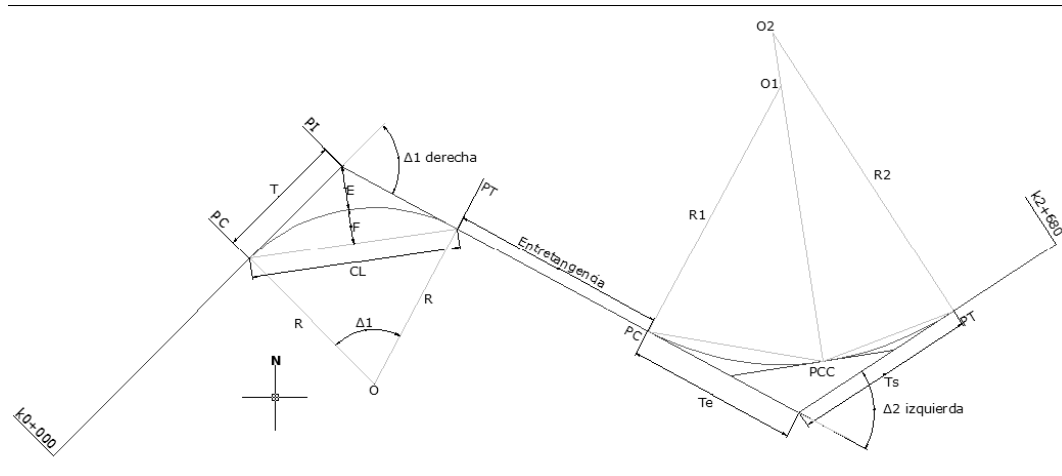
Un gran círculo, dividido en 360 grados, define arcos o cuerdas de longitud variable con el radio del círculo.

Cuando el ARCO mide 20 m entonces el perímetro del circulo medirá $360^\circ \times 20 = 7200$ mts y el radio de ese circulo (respectivamente) resultaría: $P = 2 \pi R$ por lo tanto $R = P / 2\pi$

$$R = 7200 \text{ mts} / 2 \times 3.1416 = 1145.92 \text{ m}; R = 36000' / 6.2832 = 5730'$$

⁷OLIVERA Bustamante Fernando, 1996. Estructuración de Vías Terrestres, 2a Ed. Continental, México., Pp. 76-78.





EJEMPLO: DE ACUERDO A LOS SIGUIENTES DATOS CALCULAR LA CURVA HORIZONTAL.⁸

DATOS

Km, P.I. = 3+254.10

$\Delta = 48^\circ 30' D$

$V_p = 60 \text{ km/h}$

$G_c = 4^\circ$

SOLUCIÓN

» **Calculo del radio de curvatura (Rc)**

$$R_c = 1145.92 / G_c$$

sustituyendo valores tenemos:

$$R_c = 1145.92 / 4^\circ = 286.48 \text{ m}$$

» **Calculo de la subtangente (ST)**

$$ST = R_c \tan \Delta/2$$

sustituyendo valores tenemos:

$$ST = 286.48 \tan (48^\circ 30')/2 = 129.05 \text{ m}$$

$$ST = 129.05 \text{ m}$$

» **Calculo de la longitud de la curva (LC)**

$$LC = 20 \Delta / G_c$$

sustituyendo valores tenemos:





$$LC = 20 \times (48^\circ 30') / 4^\circ = 242.50 \text{ m}$$

» **Calculo de la cuerda larga (CL)**

$$CL = 2 R_c \text{ sen } \Delta / 2$$

sustituyendo valores tenemos:

$$CL = 2 (286.48) \text{ sen } 48^\circ 30' / 2 = 235.33 \text{ m}$$

$$CL = 235.33 \text{ m}$$

» **Flecha max (F)**

$$F = R - R \text{ Cos } \Delta / 2 \quad \text{por lo tanto } F = R_c (1 - \text{cos } \Delta / 2)$$

Sustituyendo valores

$$F = 286.48 (1 - \text{cos } 48^\circ 30' / 2) = 25.28 \text{ m}$$

$$F = 25.28 \text{ m.}$$

» **Calculo de la externa**

$$E = R / \text{cos } \Delta / 2 - R \quad \text{por lo tanto} \quad E = R (1 / \text{cos } \Delta / 2 - 1)$$

» **Calculo de la deflexion por cada 20 y un metro**

$$D/20 = G_c / 2$$

sustituyendo valores tenemos

$$D/20 = 4^\circ / 2 = 2^\circ 00'$$

$$D/M = 1.5 G_c$$

sustituyendo valores tenemos

$$D/M = 1.5 (4^\circ) = 0^\circ 06' 00''$$

» **Kilometraje del punto donde comienza la curva circular (PC)**

$$Km, P.C. = Km PI - ST$$

sustituyendo valores tenemos

$$Km, P.C. = 3 + 254.10 - 129.05 = 3 + 125.05$$

$$Km, P.C. = 3 + 125.05 \text{ m}$$

» **Kilometraje del punto donde termina la curva circular (PT)**





$$Km, P.T. = Km PC + LC$$

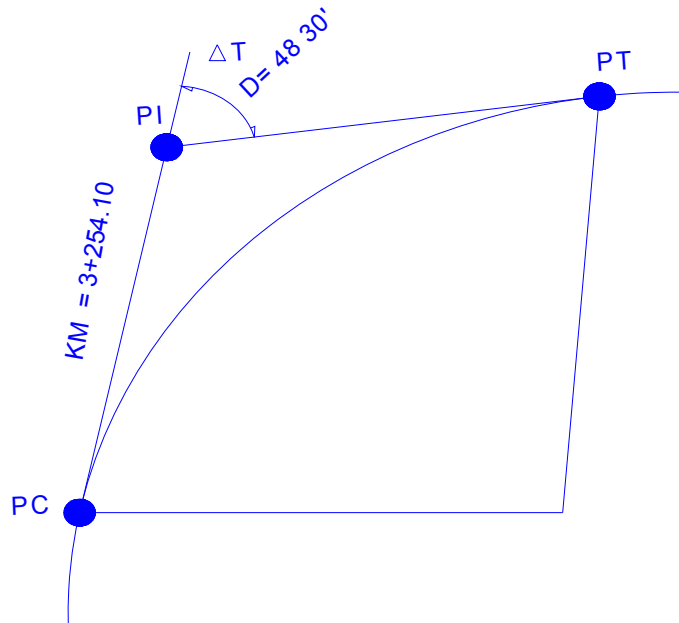
sustituyendo valores tenemos

$$Km, P.T. = 3+125.05 + 242.50 = 3+367.55$$

CUADRO DE CONSTRUCCION DE LA CURVA

ESTACION	P.V	DEFLEXION
	3+367.55	24° 15' 00"
	360.00	23° 29' 06"
	340.00	21° 29' 06"
	320.00	19° 29' 06"
	300.00	17° 29' 06"
	280.00	15° 29' 06"
	260.00	13° 29' 06"
	240.00	11° 29' 06"
	220.00	9° 29' 06"
	200.00	7° 29' 06"
	180.00	5° 29' 06"
	160.00	3° 29' 06"
	140.00	1° 29' 06"
Pc 3+125.05	PI	0° 00' 00"

EJEMPLO VISTO EN ACADEMIA DE VIAS TERRESTRES

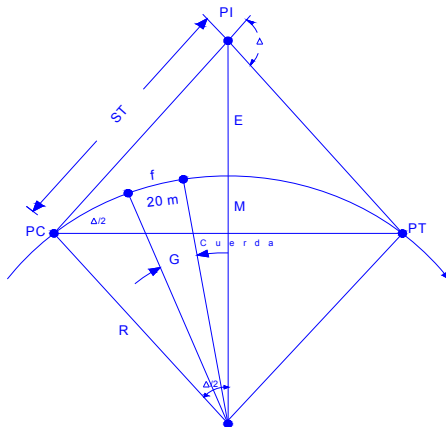


GRADO DE CURVA⁹

Por definición, es el ángulo en el centro de la curva que subtiende un arco de 20 metros, resultando inversamente proporcional al radio.

La curva de radio R, liga 2 rectas tangentes en el PC (Principio de curva) y el PT (Principia tangente); la deflexión total es la diferencia de rumbos entre las 2 rectas, igual a delta.

Las 2 tangentes se cortan en el P.I. (punto de inflexión) y las distancias PC al PI y PT son simétricas, denominadas Subtangentes = ST; Véase la figura:



$$ST = R \operatorname{Tg} \Delta / 2 ; R = 10 / \operatorname{Sen} G/2 = ST \operatorname{cotg} \Delta / 2$$

$$\text{Cuerda} = 2R \operatorname{Sen} \Delta / 2 ; R = ST \operatorname{cotg} \Delta / 2$$

$$\text{Externa } E = R \operatorname{ex} \sec \Delta / 2$$

$$\text{Ordenada media (flecha) } M = R \operatorname{ex} \sec \Delta / 2$$

$$\text{Así como longitud de la curva } L = \Delta / G \times 20 \text{ m}$$

Si usamos cuerdas de 20 metros, la deflexión será la mitad del grado, de modo que la deflexión por 1 metro (dm) expresada en minutos será:

$$dm = G \times 60 / (2 \times 20) = 1.5 G$$

Este valor (dm) permite marcar la primera estaca de cadenamamiento cerrado (20 en 20 mts) a partir de un punto cualquiera correspondiente al PC o al PT multiplicando la distancia fraccionaria (en metros) por la dm para obtener la deflexión correspondiente.

SOBRE- ELEVACION DE LAS CURVAS¹⁰

Una curva circular de radio R, la recorre un tren de peso W (donde el centro de gravedad se localiza a 2.15 mts, sobre el riel), a cierta velocidad V.

Esto provoca que se forme una fuerza centrífuga inversamente proporcional al radio de la curva y propo, al cuadrado de la velocidad tangencial.

$$(M.V^2 R)$$

Esa fuerza transversal, provoca mayor presión sobre el riel exterior, lo cual demanda sobreelvarlo para equilibrar los pesos de la fuerzas y produzca reacciones iguales en ambos rieles auxiliada de componentes horizontales y verticales.

⁹ OLIVERA Bustamante Fernando, 1996. Estructuración de Vías Terrestres. 2a Ed. Continental. México. Pp.78-79

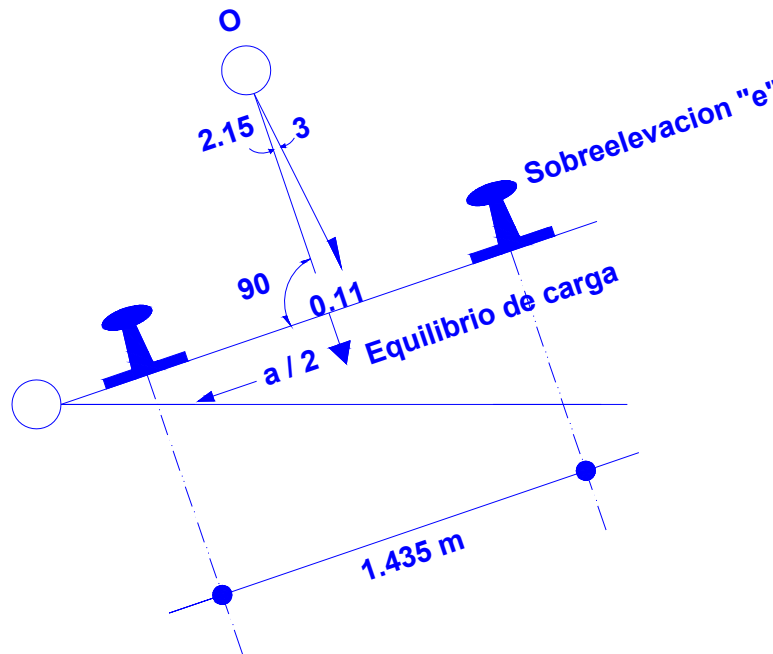
¹⁰ OLIVERA Bustamante Fernando, 1996. Estructuración de Vías Terrestres. 2a Ed. Continental. México. , Pp. 84-85-87





METODO AMERICANO¹¹

La figura señala el método americano para equilibrar con la fórmula teórica (sin fricción lateral) para la velocidad de los trenes lentos; una sobre elevación adicional imaginaria de 3'' dividido entre el escantillón, marca un ángulo cuyo seno es $0.075 / 1.435 = 0.052 = 3^\circ$. Este ángulo representa el desplazamiento de la resultante igual a $0.052 \times 2.15 = 0.11$ m, admitido por los trenes rápidos.



METODO (SNCF) SOBREELEVACION CONFORT. (METODO AMERICANO)¹²

Experimentalmente, se ha establecido que los trenes rápidos (pasajeros) pueden recorrer curvas a una mayor velocidad que la de equilibrio, equivalente a una imaginaria sobre elevación adicionada en 3'', tal que la velocidad de equilibrio ($e + 3''$) = velocidad confort, absorbiéndose el esfuerzo adicional, con el roce lateral de la ceja de las ruedas con los rieles.

¹¹ OLIVERA Bustamante Fernando, 1996. Estructuración de Vías Terrestres. 2ª Ed. Continental. México. , Pp. 84-85-87

¹² OLIVERA Bustamante Fernando, 1996. Estructuración de Vías Terrestres. 2ª Ed. Continental. México. , Pp. 87-90





TABLA # 1 FCS. N. de M. S. C. Y T. S. O. P.

SOBRE ELEVACION DEL RIEL EXTERIOR EN LAS CURVAS

GRADO DE CURVATURA °	VELOCIDAD EN KILOMETROS POR HORA																				
	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	100	110	120	130	140	
0	30	2	3	5	6	8	10	13	15	18	21	25	28	32	36	41	50	61	72	85	98
1	00	4	6	9	12	16	20	25	30	36	42	49	56	64	72	81	100	121	144	150	150
1	30	6	9	14	18	24	30	38	45	54	63	74	84	96	108	122	150	150	150		
2	00	8	13	18	25	32	41	50	61	72	85	98	113	128	145	150					
2	30	10	16	23	31	40	51	63	76	90	106	123	141	150	150						
3	00	12	19	27	37	48	61	75	91	108	127	147	150								
4	00	16	25	36	49	64	81	100	121	144	150	150									
5	00	20	31	45	61	80	101	125	150	150											
6	00	24	38	54	74	96	122	150													
7	00	28	44	63	86	112	142	150													
8	00	32	50	72	98	128	150														
9	00	36	56	81	110	144	150														
10	00	40	63	90	123	150															

V. Equilibrio (Trenes Carga)
 Sobreelevación $e = 0.01 V^2 G$
 V = velocidad en Km/h
 G = grado de curvatura
 e máx. = 150 / 2 mm

Las sobreelevaciones están dadas en mm

Para obtener velocidad máxima para trenes de pasajero (confort) basta aumentar 75 mm a la sobre elevación teórica (3'')

EJEMPLO:

G = 4° Carga
 V = 40 Kph
 e = 64 mm

$e' = 64 \text{ mm} + 75 \text{ mm} = 139$ (pasajeros)

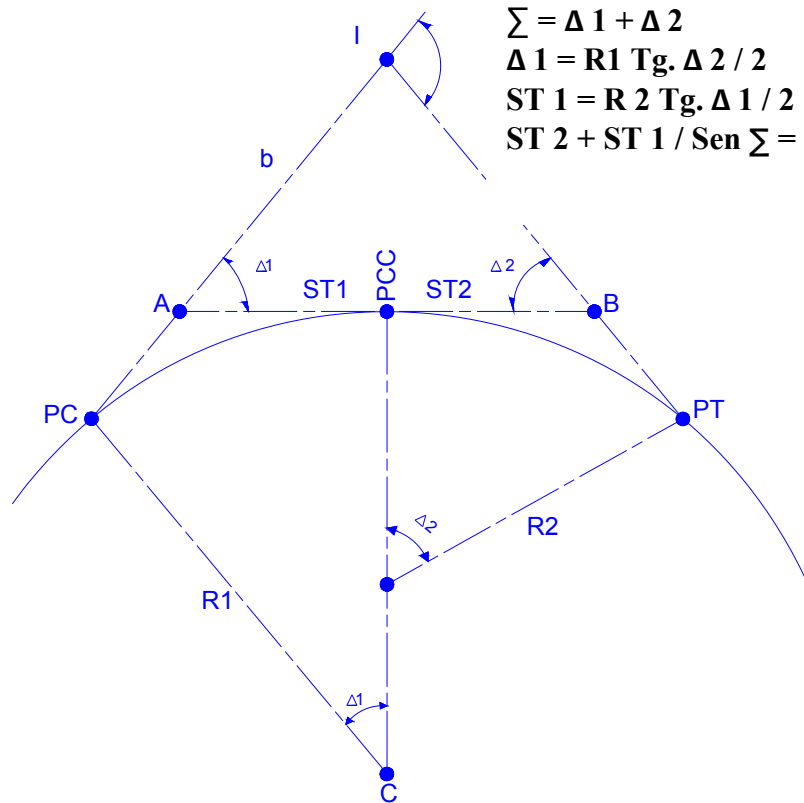
Por lo tanto $V_p = 60$ Kph

CURVAS COMPUESTAS¹³

Dos curvas circulares de diferentes radios, pueden conectarse entre si, cuando son de igual sentido, sin mayor limitación que la magnitud de la diferencia de sus grados de curva que pueden demandar, el uso de una curva de transición entre ambas, así como aplicar otras espirales en la entrada y en la salida de la curva compuesta.

El caso mas simple lo representa la figura anexa mostrando dos curvas simples de radio R_1 y R_2 donde la deflexión total





$$\Sigma = \Delta 1 + \Delta 2$$

$$\Delta 1 = R1 \operatorname{Tg} \Delta 2 / 2$$

$$ST 1 = R 2 \operatorname{Tg} \Delta 1 / 2$$

$$ST 2 + ST 1 / \operatorname{Sen} \Sigma = a / \operatorname{Sen} \Delta 1 = b / \operatorname{Sen} \Delta 2$$

CURVA COMPUESTA (SIN ESPIRALES).

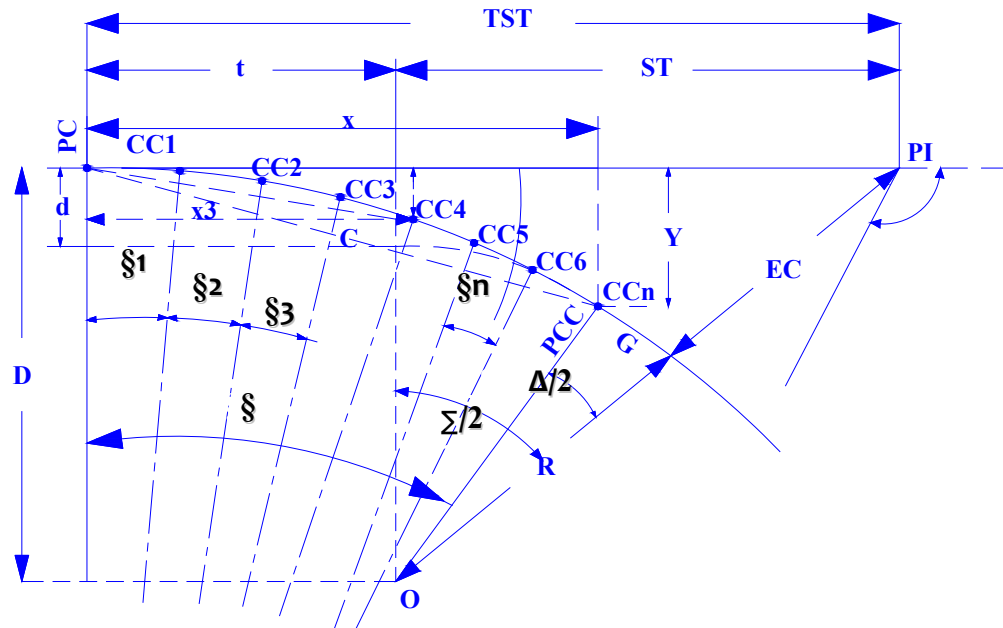
DIVERSAS ESPIRALES A LAS CURVAS SIMPLES¹⁴

Las espirales pueden proyectarse simétricas para resolver problemas de tráfico con velocidad uniforme, o asimétrica, ya sea para acomodar la línea al problema topográfico local, o adaptarse a velocidad variable, tal como acontece a todo tren al salir o llegar a una estación localizada en el extremo de una curva.





CURVAS EN ESPIRAL (NOMENCLATURA DE LAS CURVAS EN ESPIRALES)¹⁵



- Principio de curva -----PC
- Punto de curva circular—PCC
- Curva compuesta en espiral----C.C
- Principio de tangente-----P.T
- Tangente de la espiral-----T
- Subtangente-----S.T
- Tangente mas subtangente-----T.S.T
- Angulo central de la curva circular----- Δ
- Distancia en el centro de la curva circular a la tangente original --- D
- Ordenada del P.C.C referida al P. C. ----- x
- Punto de interseccion -----P. I.
- Angulo central de la espiral -----§
- Angulo de deflexion ----- Σ
- Radio de la curve circular ----- R
- (D – R) ----- d
- Grado de la curva circular ----- G**
- Exsecante compuesta ----- E.C.

FIG.2-14 DE DISEÑO GEOMETRICO, PAG, 97

¹⁵ OLIVERA Bustamante Fernando., 1996 Estructuración de Vías Terrestres. 2a.Ed. Continental. México. , Pp..97





CURVA CON ESPIRALES (PARA FERROCARRILES).

Ejemplo:

$$PI = 4+102.86$$

$$\Delta T = 24^\circ 10' 00'' = 24.16667$$

$$V_{eq} = 60 \text{ km / hrs}$$

Via ferroviaria tipo B

$$e_{max} = 0.16$$

$$G_c = 3^\circ$$

Cuerda Derecha

Solucion.

» Conversión a radianes $Rad = 180 / \pi = 57.295$ por lo tanto $1 / 57.295 = 0.01745353$

$$\text{Radianes} = G.C \text{ (Rad)}$$

$$3^\circ (0.01745353) = 0.05236059$$

$$\text{» } e = 0.001(V_{eq})^2(G_c)$$

$$0.001(60)^2(3^\circ) = 10.80$$

$$\text{» } L_e = 0.07(e)(V_{eq})$$

$$0.07(10.80)(60) = 50$$

$$\text{» } N_c = (G_c / \text{Variacion}) - 1$$

$$L_e = 10 N_c$$

» Radio de curvatura

$$R_c = 1145.92 / G_c = 1145.92 / 3 = 381.97 \approx 382.00$$

$$R_c = 10 / (\text{sen } G_c / 2) = 10 / (\text{sen } 3^\circ / 2) = 382.14$$

» Cálculo del ángulo total del espiral (∂E)

$$\partial E = G_c (L_e) / 40 \text{ por lo tanto } \partial E = 3^\circ (50) / 40 = 3.75^\circ = 3^\circ 45' 00''$$

» Cálculo de X_c y Y_c (coordenadas de E_c)

$$X_c = L_e (100 - 0.035 \partial E^2) / 100$$

$$50 (100 - 0.035 (3.75^\circ)^2) / 100 = 49.75390625 \text{ m}$$

$$Y_c = L_e (0.582 \partial E - 0.00001266 \partial E^3) / 100$$

$$50 (0.582 (3.75^\circ) - 0.00001266 (3.75^\circ)^3) / 100 = 1.090916191 \text{ m}$$

» Cálculo de K y P (coordenadas del punto B)

$$K = t = X_c = R_c (\text{Sen } \partial E)$$





$$=49.75390625 - 382 (\text{Sen } 3.75^\circ) = 24.76991088$$

EJEMPLO VISTO EN ACADEMIA DE VIAS TERRESTRES

$$P = d = Yc - Rc (1 - \text{Cos } \partial E)$$

$$= 1.090916191 - 382 (1 - \text{Cos } 3.75^\circ) = 0.2730248681$$

» Calculo de CLe

$$CLe = \sqrt{(Xc^2 + Yc^2)} \quad \text{por lo tanto} \quad CLe = \sqrt{(49.75390625^2 + 1.090916191^2)} = 49.76586466$$

» Calculo de D

$$D = Rc + d \quad \text{por lo tanto} \quad D = 382 + 0.2730248681 = 382.273025$$

» Calculo de la subtangente (ST)

$$\begin{aligned} ST &= D \text{ tang } (\Delta T / 2) \\ &= 382.273025 (\text{tang } 24^\circ 10' 00'' / 2) \\ &= 382.273025 (\text{tang } 24.16667 / 2) \\ &= 382.273025 (\text{tang } 12.08333) \\ &= 382.273025 (0.2140771859) = 81.83593344 \end{aligned}$$

» Calculo de (TST)

$$TST = t + ST \quad \text{Ste} = t + ST$$

También:

$$Ste = (Rc + p) \tan (\Delta T / 2) + K$$

Sustituyendo valores

$$TST = 24.76991088 + 81.83593344 = 106.6058443$$

$$Ste = (382 + 0.2730248681) 0.2140771859 + 24.76991088 = 106.6058443$$

» Calculo de (Δc)

$$\Delta c = \Delta T - 2 \partial E \quad \text{por lo tanto} \quad \Delta c = 24.16667 - 2 (3.75^\circ) = 16.66667^\circ$$

» Calculo de la longitud de la curva circular (Lc)

$$Lc = 20 \Delta c / Gc \quad \text{por lo tanto} \quad Lc = 20 (16.66667^\circ) / 3 = 111.1111333$$

» Calculo de los kilometrajes TE, EC, CE, ET





$$\begin{aligned} \text{Km TE} &= \text{Km PI} - \text{Ste} = 4102.86 - 106.6058443 = 3996.254156 \\ \text{Km EC} &= \text{Km TE} + \text{Le} = 3996.254156 + 50 = 4046.254156 \\ \text{Km CE} &= \text{Km EC} + \text{Lc} = 4046.254156 + 111.1111333 = 4157.365289 \\ \text{Km ET} &= \text{Km CE} + \text{Le} = 4157.365289 + 50 = 4207.365289 \end{aligned}$$

EJEMPLO VISTO EN ACADEMIA DE VIAS TERRESTRES

» Calculo de las estaciones

$$\begin{aligned} X_c &= (\text{Cuerda})(1 - (\partial E \text{ Rad}^2 / 10)) \\ Y_c &= (\text{Cuerda})(\partial E \text{ Rad} / G_c) \end{aligned}$$

Sustituyendo valores:

$$\begin{aligned} X_c &= (0) (1 - 3.75^{\circ} (0.05236059^2 / 10)) = 0.000000 \\ (10) & (0.9989718882) = 9.989719 \\ (20) & (0.9989718882) = 19.979438 \\ (30) & (0.9989718882) = 29.969157 \\ (40) & (0.9989718882) = 39.958876 \\ (50) & (0.9989718882) = 49.948594 \end{aligned}$$

Yc = Ver formula.

» Calculo de la Sobre Elevación

$$\text{Sobre Elevación} = (e / \text{Le}) (\text{Cuerda} / 2)$$

Sustituyendo formula:

(e / Le)	(Cuerda / 2)	Izq	Der
10.80 / 50	0.00 / 2	0.00	- 0.00
10.80 / 50	10 / 2	1.08	- 1.08
10.80 / 50	20 / 2	2.16	- 2.16
10.80 / 50	30 / 2	3.24	- 3.24
10.80 / 50	40 / 2	4.32	- 4.32
10.80 / 50	50 / 2	5.40	- 5.40

» Calculo de $\varnothing_c = \text{Inv tag} (Y_c / X_c / 2)$

$$\begin{aligned} \varnothing_c &= \text{Inv tag} (0.0000 / 0000 / 2) = 0.0000 \\ \varnothing_c &= \text{Inv tag} (0.043633 / 9.989719 / 2) = 0.125128 \\ \varnothing_c &= \text{Inv tag} (0.174532 / 19.979438 / 2) = 0.250254 \\ \varnothing_c &= \text{Inv tag} (0.392699 / 29.969157 / 2) = 0.375380 \\ \varnothing_c &= \text{Inv tag} (0.698131 / 39.958876 / 2) = 0.500501 \\ \varnothing_c &= \text{Inv tag} (1.090830 / 49.948594 / 2) = 0.625618 \end{aligned}$$





» Calculo de los espirales por cuerda \emptyset_e
 $\emptyset_e = \text{Cuerda} / 40 \text{ (Gc)}$

Cuerda / 40	(Gc)	
0.00 / 40	3°	0.00
10 / 40	3°	0.75
20 / 40	3°	1.50
30 / 40	3°	2.25
40 / 40	3°	3.00
50 / 40	3°	3.75

EJEMPLO VISTO EN ACADEMIA DE VIAS TERRESTRES

» Tablas

Estaciones	Cuerda	$\emptyset_e = \text{Cuerda} / 40$ (Gc)	Xc	Yc	\emptyset_c	Sobre Elevación	
						Izq	Der
TE							
3996.254156	0	0.00	0.000000	0.000000	0.000000	0.00	- 0.00
4006.254156	10	0.75	9.989719	0.043633	0.125128	1.08	- 1.08
4016.254156	20	1.50	19.979438	0.174532	0.250254	2.16	- 2.16
4026.254156	30	2.25	29.969157	0.392699	0.375350	3.24	- 3.24
4036.254156	40	3.00	39.958876	0.698131	0.500501	4.32	- 4.32
EC = 4046.254156	50	3.75	49.948594	1.090830	0.625618	5.40	- 5.40

Estaciones	Cuerda	DEFLEXIONES		Sobre Elevación	
		PARCIAL	TOTAL	Izq	Der
EC					
4046.254156	0.000	0.000	0.000	0.00	- 0.00
4060.000000	13.746	1.031	1.031	5.40	- 5.40
4080.000000	20.000	1.500	2.531	5.40	- 5.40
4100.000000	20.000	1.500	4.031	5.40	- 5.40
4120.000000	20.000	1.500	5.531	5.40	- 5.40
4140.000000	20.000	1.500	7.031	5.40	- 5.40
CE = 4157.365289	17.365289	1.302	8.333	5.40	- 5.40

Calculo de las cuerdas

$$4060.000000 - 4046.254156 = 13.745844$$

$$4060.000000 - 4046.254156 = 13.745844$$

$$4157.365289 - 4140.000000 = 17.365289$$

Calculo de las deflexiones parciales.

$$\emptyset_e = \text{Cuerda} / 40 \text{ (Gc)}$$

Cuerda / 40	(Gc)	
0.00 / 40	3°	0.000
13.746 / 40	3°	1.031
20.000 / 40	3°	1.500





17.365 / 40	3°	1.302
-------------	----	-------

Calculo de las deflexiones totales.

1.031

$1.031 + 1.500 = 2.531$

$2.531 + 1.500 = 4.031$

$4.031 + 1.500 = 5.531$

$5.531 + 1.500 = 7.031$

$7.031 + 1.302 = 8.333$

Calculo de las sobre elevaciones.

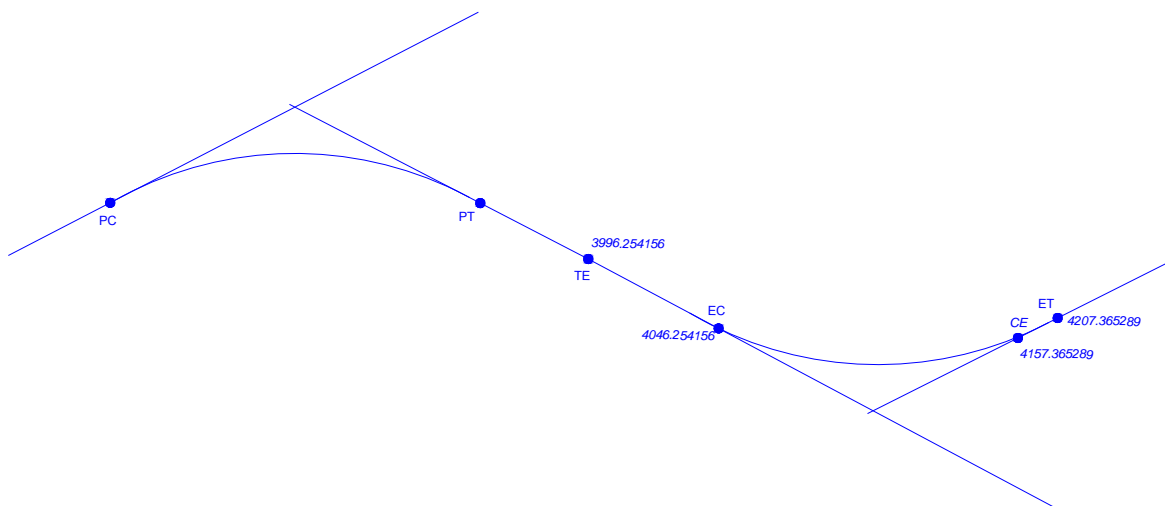
Sobre Elev = $(e / cuerda) (cuerda / 2)$

$= (10.80 / 13.746) (13.746 / 2) = 5.4$

$= (10.80 / 20.000) (20.000 / 2) = 5.4$

$= (10.80 / 17.365) (17.365 / 2) = 5.4$

EJEMPLO VISTO EN ACADEMIA DE VIAS TERRESTRES



METODO DE FLECHAS PARA RESOLVER CURVATURA SOBRE – ELEVACION¹⁶





El trazo geométrico debe iniciarse con juicios teóricos sobre los planos y perfiles del proyecto pero debe terminarse observando los resultados del tráfico según los análisis del trazado basado en el DIAGRAMA de FLECHAS.

Se comprende que una curva circular debe tener una flecha constante correspondiente a su radio.

Una curva compuesta, tendrá una grafica de flechas con 2 magnitudes escalonadas.

Una curva de transición puede originarse desde flecha igual a cero, hasta el valor de la flecha constante correspondiente a radio R de curva simple.

CALCULO MANUAL DE CORRECCION DE CURVATURA CON DIAGRAMA DE FLECHAS.

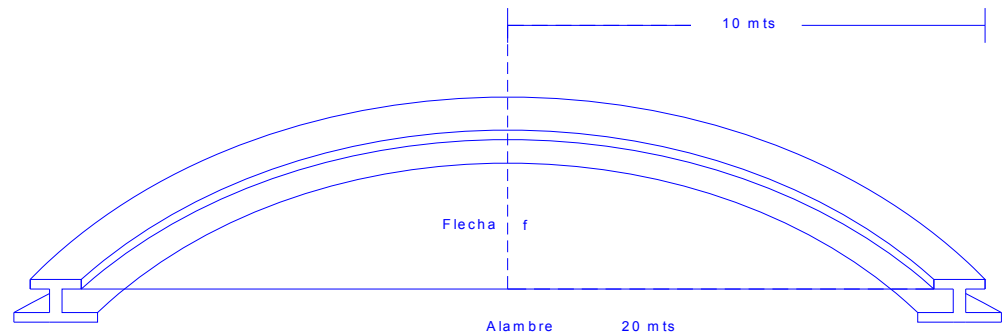
(1) EST.	(2) FLECHA ACTUAL.	(3) FLECHA DE PROYECTO.	(4) DIFS. 2 - 3	(5) ORD. 6 - 4	(6) SUMA ALGEBRAICA DE LECT. / 2	(7) DESUDIO (2) * (6)	NOTAS
0	1	0	1	0.5	0.5	+ 1 Derecha	PC
1	6	5	1	0	-1	- 2 Izquierda	
2	19	22	-3	-2.5	0.5	1	PCC
3	23	23	0	0.5	0.5	1	
4	27	23	4	0.5	4.5	9	
5	32	23	9	8.5	0.5	- 1	
6	18	23	-5	-3.5	1.5	3	
7	16	22	-6	-9	-3	- 6	PCC
8	4	5	-1	-4	-3	- 6	
9	0	0	0	-0.5	-0.5	-1	PT
Σ	146	146	15 - 15 = 0			CERO	

TABLAS DE LA PAG 115 DE DISEÑO GEOMETRICO.

Columna (1)	Estación cada 20 metros.
" (2)	Flechas en centímetros medidas sobre la vía desalineada.
" (3)	Flechas uniformes propuestas de tal modo que la suma (146) sea igual a la suma de flechas iniciales (Teorema: La suma de las flechas es constante para un delta fijo de curva)
" (4)	Diferencias de flechas (teórica y real)
" (6)	Cada diferencia de flecha, afecta por mitad a las contiguas, de modo que la semisuma de contiguas de la columna (4), produce la columna (6).
" (5)	Diferencia de flechas (4) menos semisuma (6)
" (7)	Desvío = doble de columna (6)

MEDICION DE FLECHAS CON ALAMBRE.





CURVAS COMPUESTAS CON ESPIRALES¹⁷ (Formulario usado por Fcs. N.de M.)

Los casos mas frecuentes de curvas compuestas, son los radios (R) bastante discrepantes entre si, de tal modo que demandan una Espiral Intermedia y a la vez requieren Espirales de Entrada y Salida en los extremos.

El caso de curva simple con Espiral en un solo lado, es frecuente para velocidades variables y puede aplicarse como base de cálculo parcial.

Para el caso 2 curvas compuestas simples (sin espiral intermedia) pero con Espirales en los extremos.

CURVAS VERTICALES¹⁸

Se usaran curvas parabólicas, por ser similares a la trayectoria de un proyectil sujeto a 2 fuerzas simultaneas: su propulsión y la acción de la gravedad, tal como ocurre a un tren al que se deben evitar mayores choques, que los que sus muelles puedan absorber.

La longitud de las curvas parabólicas, dependen de la diferencia algebraica de la pendiente por enlazar y de la variación unitaria de pendiente que se especifique, la cual es función de la velocidad de los trenes.

¹⁷ OLIVERA Bustamante Fernando, 1996. Estructuración de Vías Terrestres. 2ª Ed. Continental. México., Pp. 117-118.
¹⁸ OLIVERA Bustamante Fernando, 1996. Estructuración de Vías Terrestres. 2ª Ed. Continental. México., Pp. 121-123





EJEMPLO: DE ACUERDO A LOS SIGUIENTES DATOS CALCULAR LA CURVA VERTICAL.

DATOS

Km, P.I.V = 3+650.00

Elev, P.I.V= 1238.50

Vp = 60 km / h

Pend, de entrada = + 3.5 %

Pend, de salida = - 1.8 %

SOLUCIÓN

» **Distancia de visibilidad de parada (Dp)**

$$Dp = 0.278 Vp Tr + Vp^2 / (254.88 x (F \pm p))$$

Donde:

Tr = 2.5 seg

p = 3.5 % = 0.035

sustituyendo valores tenemos:

$$Dp = 0.278 (60) (2.5) + (60)^2 / 254.88 (0.3606 + 0.0350) = 77.40 \text{ m}$$

» **Diferencia algebraica de pendiente (A)**

A = Pend. Tang,Entrada – Pend. Tang, Salida

sustituyendo valores tenemos:

$$A = 3.5 - (-1.8) = 5.3 \% \quad \text{por lo tanto} \quad 5.3 / 100 = 0.053$$

» **Calculo de la longitud mínima de la curva**

Curva en cresta.

$$L = 0.0025 A Dp^2$$

sustituyendo valores tenemos:

$$L = 0.0025 (5.3)(77.40)^2 = 79.38 \text{ m}$$

» **Calculo del numero de estaciones de 20 m**

$$R = L / 20 \quad \text{sustituyendo valores tenemos.}, R = 79.38 \text{ m} / 20 = 3.98 \text{ m}$$

$$L = 20 N = 20 (4) = 80 \text{ m}$$





» **Calculo del parámetro “K”**

$K = A / 20N$ sustituyendo valores tenemos $K = 5.3 / 20(4) = 0.06625 \times 2 = 0.1325$

» **Calculo del kilometraje de PCV y PTV**

Km; PCV = Km P.I.V – 0.5 L sustituyendo valores tenemos Km; PCV = 3+650.00 – 0.5
 (80)
 $= 3+650.00 - 40$
 Km; PCV = 3+610.00

Km; PTV = Km P.I.V + 0.5 L sustituyendo valores tenemos Km; PTV = 3+650.00 + 0.5
 (80)
 $= 3+650.00 + 40$
 Km; PTV = 3+690.00

» **Calculo de las elevaciones del PCV y PTV**

Elev. PCV = Elev. P.I.V – Pend x 0.5 L / 10
 sustituyendo valores tenemos
 Elev. PCV = 1238.50 – 0.35 x 0.5(80) / 10 = 1237.10

Elev. PTV = Elev. P.I.V – Pend x 0.5 L / 10
 sustituyendo valores tenemos
 Elev. PCV = 1238.50 – 0.18 x 0.5(80) / 10 = 1237.78

» **Determinación de las estaciones de 20m, dentro de la curva**

Ya que se conoce el Km,PCV

- Km,P.C.V 3+610.00
- 620.00
- 640.00
- Km,P.I.V 3+ 650.00
- 660.00
- 680.00
- Km,P.T.V 3+690.00





» **Calculo de las elevaciones o cotas de cada uno de los puntos de estación sobre la tangente prolongada de entrada.**

ESTACION	ELEVACION
PCV 3+610.00	1363.10
620.00	1363.45
640.00	1364.15
PIV 3 + 650.00	1364.50
660.00	1364.85
680.00	1365.55
PTV 3+690.00	1365.90

NOTA: Las elevaciones se calculan sumando a la cota inmediata anterior, el desnivel entre estaciones consecutivas.

EJEMPLO VISTO EN ACADEMIA DE VIAS TERRESTRES

Es decir calculo de la estación 3+620.00 por lo tanto

Cota anterior = 1363.10

Desnivel = Distancia (Pend de entrada)
 = 10.00 x 0.035 = 0.35 m

Cota de estación 3+620.00 = 1363.10 + 0.35 = 1363.45 m

» **Calculo de los valores de “X” para cada estación que queda dentro de la curva, tomando la estación como unidad de longitud**

ESTACION	“X”
3+610.00	0
620.00	0.50
640.00	1.50
650.00	2.00
660.00	2.50
680.00	3.50
3+690.00	4.00

NOTA: El valor de X inicia en el PCV y termina en

PTV.





» **Calculo de los valores de “Y” para cada uno de los puntos de las estación que queda dentro de la curva ($Y = K X^2$)**

ESTACION	“X”	“Y”
Y0 = 0.1325	0	= 0
Y1 = 0.1325	0.50	= 0.03
Y2 = 0.1325	1.50	= 0.30
Y3 = 0.1325	2.00	= 0.53
Y4 = 0.1325	2.50	= 0.83
Y5 = 0.1325	3.50	= 1.62
Y6 = 0.1325	4.00	= 2.12

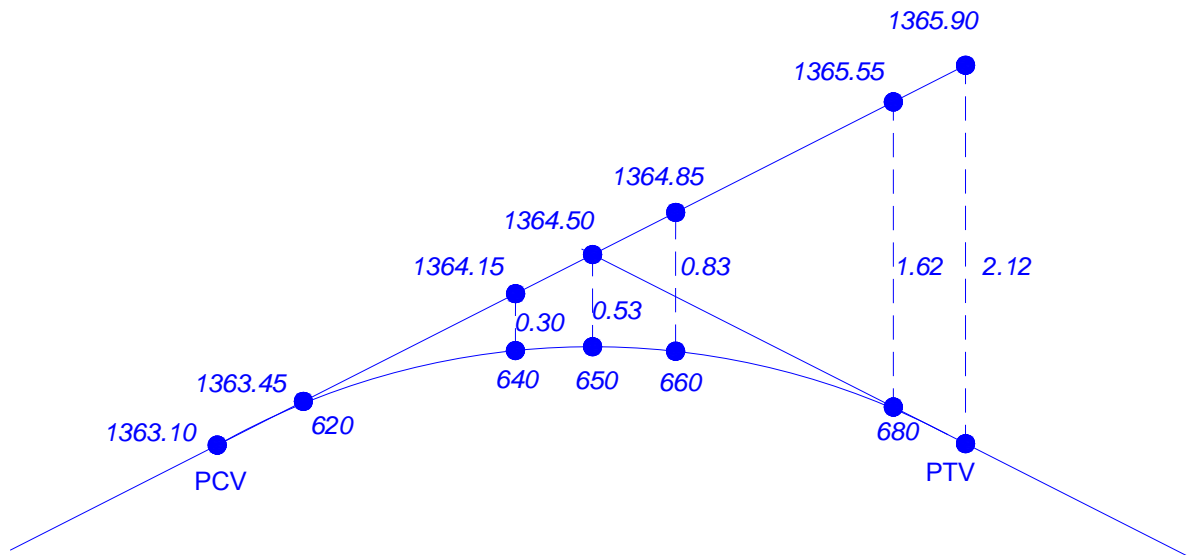
» **Calculo de las elevaciones de los puntos por donde cruza la curva vertical**

Elev Tangente – Y = Elev Curva

Estación	Elev.Tangente	“Y”	Elev.Curva
PCV 3+610.00	1363.10	= 0	1363.10
620.00	1363.45	= 0.03	1363.42
640.00	1364.15	= 0.30	1363.85
PIV 650.00	1364.50	= 0.53	1363.97
660.00	1364.85	= 0.83	1364.02
680.00	1365.55	= 1.62	1363.93
PTV 3+690.00	1365.90	= 2.12	1363.78

EJEMPLO VISTO EN ACADEMIA DE VIAS TERRESTRES

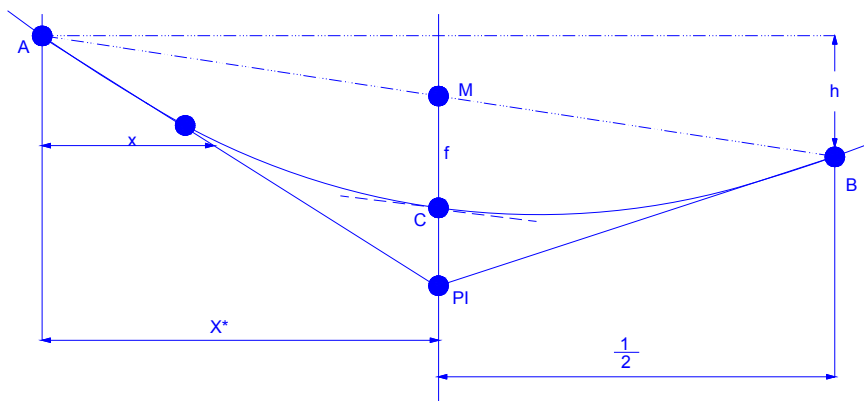




METODO TRADICIONAL DE CÁLCULO DE PARABOLAS¹⁹

Propiedades de la curva: la parábola es simétrica respecto al eje vertical del P.I. (véase figura)

El centro de curva © se localiza en la $\frac{1}{2}$ de la altura entre el P.I. y el punto medio (M) de la cuerda, y la tangente (T-T) a la curva en ese punto medio © es paralela a la cuerda AB, de tal modo que la flecha es igual que la externa: $f = E$.



¹⁹OLIVERA Bustamante Fernando, 1996. Estructuración de Vías Terrestres. 2a Ed. Continental. México., Pp. 121-123





Basta definir la longitud de la parábola (N Estaciones) para poder calcular la elevación del PC y del PT (elev.A y elev.B) cuyo promedio = Elev. M. y obtenemos Elev. M - Elev. PI / 2 = Elev. C (centro de la parábola).

Si designamos Y a la externa y $X = \frac{1}{2}$ podemos calcular la ordenada y correspondiente a cualquier ábsida x aplicando la formula de la parábola $y = K x^2$, de tal modo que $y/ Y = x^2 / X^2$ en que $K = D/X = D / 10 N$

Usando este método basta hacer la lista de Estaciones de curva:

$X = 1,2,3,4,5$, etc., y sus cuadrados 1-4-9-16,etc., para obtener los valores $Y x^2 / X^2 = y$.

Por otra parte:

La diferencia algebraica de pendientes = D;

$$K = D / X ; X = 10 N$$

X = numero de orden de cada estación (1,2,3,etc.)

N = numero de Estaciones de 20 mts., de la parábola.

Para tabular; tenemos $y = D x^2 / 10 N = c D$ (valores tabulables)

$$c = x^2 / 10N$$

$$y = c D$$

Los valores de y, deben sumarse o restarse de las elevaciones de las subtangentes (según se trate de un columpio o una cima).

En la practica no se emplean parábolas para ligar diferencias de pendientes menores que 0.2%.

Las curvas verticales, es deseable localizarla en las tangentes del trazo, recomendándose evitar cambios de pendiente, sobre tramos de curvas horizontales. Por causa del difícil mantenimiento.

Sin embargo, fuera de esa dificultad, no hay inconveniente para su empleo, lo cual es muy frecuente en lomeríos y montañas de las rutas, cruzando los drenajes, tal como ocurre en las vías costeras.

Los diagramas de flechas y sobre elevaciones son auxiliares de gran valor para resolver los complejos problemas de las curvaturas horizontal y vertical combinados con las sobre elevaciones.





CONSERVACION DE LA VIA²⁰

Golpes producidos por mal alineamiento o por niveles del riel debajo de la rasante, hacen bambolear el equipo, mucho más que diversas variaciones geométricas de las curvas verticales, o por diferente ritmo para elevar el riel exterior en las espirales.

Una vía desalineada y desnivelada por falta de balasto, de durmiente, o de esmerado mantenimiento frecuente, impide velocidades normales y provoca costosa y lenta operación de trenes.

Buena vía en su calidad y conservación, es una obligada inversión que produce mucha mayor rentabilidad que la inversión dedicada a especificar con extremo rigor las normas del diseño geométrico.

ANALISIS DE LAS DIVERSAS ESPECIFICACIONES DEL TRAZO DE VIA

Las curvas verticales, las espirales, las distancias de frenado, o la aceleración positiva, son variables de una compleja función: el confort, dentro de la seguridad de la vía y equipo.

Los valores usuales tradicionalmente para la aceleración de traslación en ferrocarriles, ha sido de 1 mt/seg x seg.

Los golpes de la vía (con depresiones normales de 1 cm) mas el golpeteo en las juntas vencidas de los rieles, aplican aceleraciones de varios g.

EJEMPLO:

Sobreelevaban máximo 20 centímetros con transiciones 400 veces mas largas que su sobre elevación (aproximado) para trenes de pasajeros 90 Kph promedio = 25 por segundo.

En esas condiciones, una espiral de 80 metros, se recorrería en:

$$80 \text{ m} / (25 \text{ m} / \text{seg.}) = 3.2 \text{ seg.}$$

La variación de altura del riel exterior seria:

$$20 / 3.2 = 6 \text{ cm. /seg.}$$

ROZAMIENTO DE LAS RUEDAS Y RIELES²¹

La rueda guiadora exterior, corta al riel con la ceja, al circular en curva, obligando a la rueda interior del eje posterior del camino, a rozar fuerte contra el hongo lateral del riel.

Los trenes de carga americanos, se equilibran presionando al riel interior de la curva, con la mitad de la carga por eje = 0.5 W;(normas AREA)

El confort, consiste en desalojarse 3'' (para un centro de gravedad 1.9 metros sobre el riel) tal que se produzca un desvío = $0.075 / 1.9 = 0.04$ que presione al riel interior con 0.46 W.

²⁰ OLIVERA Bustamante Fernando, 1996. Estructuración de Vías Terrestres. 2a Ed. Continental. México., P.126
²¹ OLIVERA Bustamante Fernando, 1996. Estructuración de Vías Terrestres. 2a Ed. Continental. México., Pp.131





A partir de esa moderada diferencia entre las reacciones de ambos rieles, se considera (dentro de las normas de seguridad) velocidades tales, que la resultante del peso y la centrifuga, caiga en el límite del tercio medio de la vía, presionando al riel interior con la mitad de la presión contra el riel exterior o sea $= 0.33 W$. (Seguridad Límite).

Finalmente, el volcamiento, debe ocurrir cuando el riel interior tiene cero W y toda la presión gravita sobre el riel exterior.

CURVA MASA²²

Es un diagrama de volúmenes acumulativos por estaciones, donde los cortes se consideran con signo positivo y los volúmenes de terraplén, con signo negativo, de tal modo que en cualquier lugar, puede conocerse el balance entre ambas cuentas.

COEFICIENTES DE ABUNDAMIENTO

Un metro cúbico de roca fija produce 1.4 m^3 rezaga para terraplenar.

Roca suelta; abdto = 1.2

Tierra abdto = 1.1

Si el corte ab estuviese constituido por 60 % de rocas blandas y un 40% material clasificable "tierra", entonces el abundamiento resultante sería de: $(60\% \times 1.2) + (40\% \times 1.1) = 1.16$ donde este resultado se multiplicaría por el volumen geométrico del corte para obtener sus ordenadas correspondientes a ab.

La horizontal ac (línea compensadora) es posible que podamos extenderla hasta d cortando 2 cubetas (No s. 1 y 3) y una campana (No.2) correspondiente a cortes y terraplenes con iguales volúmenes, lo cual se designa como un tramo de terrecería compensada.

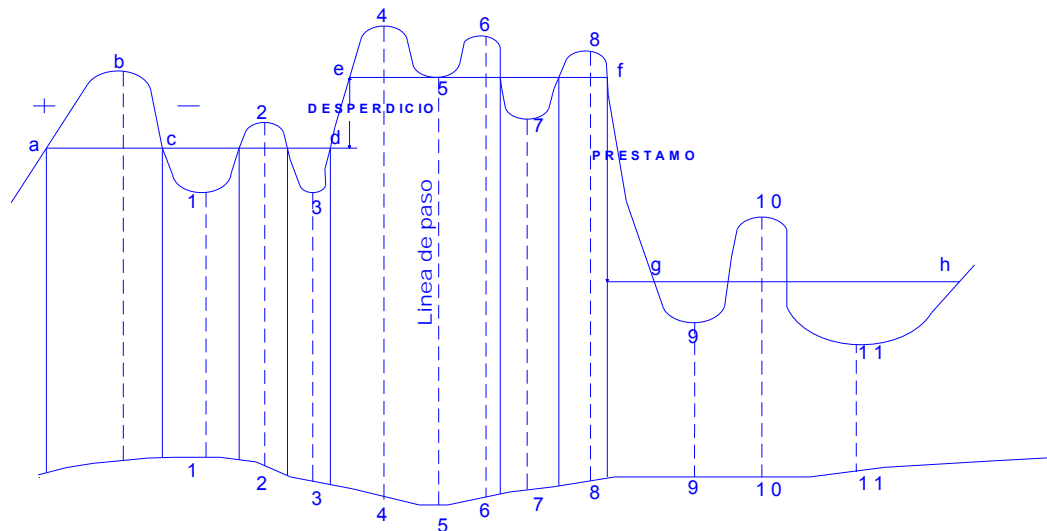
Obsérvese que los máximos y mínimos de la curva masa corresponde a los extremos de los cortes, o sea en los puntos de paso de corte a terraplén (cima) o de terraplén a corte (fondo de cubeta).

Después del tramo comprendido entre el origen a y el punto 4 (véase perfil) donde los cortes ab, 1-2 y 3 d sirven para llenar los terraplenes intermedios, de acuerdo con la compensadora anterior (a-d) penetramos a otro sector donde existen demasiado volumen de corte, de tal modo que los terraplenes de adelante, necesitan formarse usando la distribución de terracerías ordenada por la 2a compensadora (véase figura) o sea la horizontal e-f.





CURVA DE MASA



SOBREACARREOS

Si especificamos excavar y acarrear una corta distancia por un precio único, denominaremos corte con acarreo libre al recorrido libre de pago, entre el corte y el terraplén en formación; supongamos 1-2 el acarreo libre observado en una campana de la curva masa.

Si el precio (del contratista de obras) por acarreo adicional (por cada metro cúbico x estación de 20 mts) fuese \$ 0.50/m³. E y si el costo por excavar con acarreo libre de 3 est. Fuese \$ 8/m³, resulta que el precio por mover 1m³ entre los puntos 3 y 4 distantes entre si 7 estaciones seria:

$$\begin{aligned}
 &\text{Sobre acarreo } 7 \text{ Est.} - 3 \text{ LIBRE} = 4 \text{ Est} \times \$ 0.50 = \$ 2.00 \\
 &\text{Corte con acarreo libre} \dots\dots\dots = \qquad \qquad \qquad \$ 8.00 \\
 &\qquad \qquad \qquad \text{PRECIO TOTAL} \dots\dots\dots \$ 10.00/\text{m}^3
 \end{aligned}$$

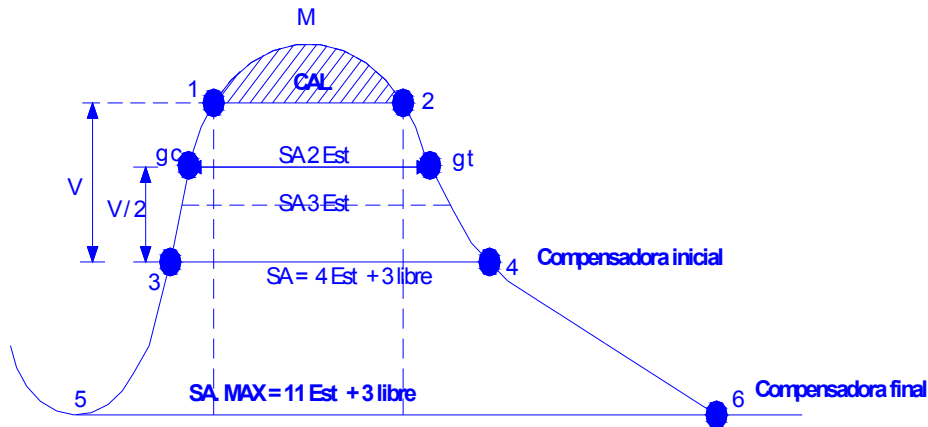
SOBREACARREO ECONOMICO Y COSTO DEL PRESTAMO²³

Si el costo del préstamo (con su libre acarreo) fuese de \$6/m³, entonces podemos sobre acarrear.

$N = \$6 / \$0.50 = 12$ estaciones con igual precio que prestar ($\$ P / \$ SA = N \text{ max.}$) y debemos modificar nuestra compensadora inicial, hacia una nueva horizontal.

Línea 5-6, dado que el precio mas alto de sobre acarreo (11 Est) x \$ 0.50 = \$ 0.50 / m³ aun resulta inferior al costo del préstamo (\$6).





REGISTRO C DE MASAS															
Est	Elevs		Espesor		Area		ΣA		d / 2	Volúmenes		C. Abundamiento	Volúmenes Abundamiento		Ordenadas
	Terreno	Ras.	C	T	C	T	C	T		C	T		C	T	
+0.80	7.40	3.60	3.80		28										10000
+1.00	8.00	4.00	4.00		32		60		10	600		120	720	-	10720

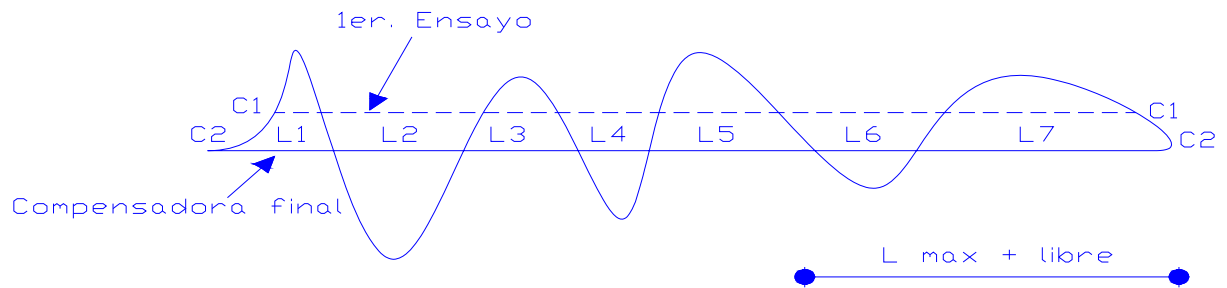
En general, basta marcar la magnitud del **acarreo máximo** $P / SA = (L) + \text{acarreo libre}$, en cada cubeta y en cada campana, y obtendremos una serie de líneas paralelas que delimitan los máximos acarrees, debiendo promediar una compensadora que a primera vista parece resolver un tramo largo, sin requerir “Préstamo ni desperdicio” y sin exceder del sobre acarreo límite L.

Normas para obtener compensadora optima con el menor esfuerzo posible.

Calcúlese previamente el acarreo máximo económico, y médase gráficamente (sobre una tira de papel sobre la compensadora en estudio) la suma grafica de los acarrees máximos de las cubetas, debiendo desplazar (hacia arriba o abajo) a la compensadora, hasta que la suma anterior, sea igual que la suma de los acarrees máximos de las campanas.

La norma anterior resulta completa cuando los movimientos ondulatorios de la curva masa, produce un numero par de cimas y columpios, pero deberá ajustarse la imparidad, con la distancia teórica del acarreo máximo (L-1) en el caso de diferir el numero de cubetas del de campanas ($n \pm 1$).





De tal modo que se realice:

$$L1 + L3 + L5 + L7 = L2 + L4 + L6 + \$ P / \$ sa + \text{acarreo libre.}$$

Condición de equilibrio que se obtiene por tanteos, subiendo o bajando la compensadora $c1 - c1$ hasta la posición $c2 - c2$

La curva masa, una vez trazadas las distintas compensadoras que señalan los prestamos y los desperdicios, permite intentar la eliminación de ambos, si ello es posible dentro de las especificaciones de la rasante y es posible al espacio mínimo requerido por el drenaje y subdrenaje.

En caso de no poderse mover la rasante para optimizar la curva de masas, precisaría relocalizar la planta para reducir los defectos mencionados de prestamos o desperdicios demasiado grandes.

En una llanura, la terracería debe ser 100% en terraplén y en una montaña escarpada, la terracería debe alojarse 100% en Firme o sea en desperdicio (el mínimo necesario).

La curva de masa se emplea con gran utilidad en los tramos de lomerío y montañas suaves, donde es factible terraplenar alternadamente.





DRENAJE EN VÍAS FÉRREAS²⁴

Uno de los elementos que causa mayores problemas en las vías férreas es el agua, pues en general disminuye la resistencia de los suelos, presentándose fallas en terraplenes, cortes y la vía o superficie de rodamiento. Lo anterior obliga a construir el drenaje de tal forma que el agua se aleje a la mayor brevedad posible de la obra.



FUENTE: http://www.teleprensa.net/imgnews/VIAS_FERROCARRIL_BN.jpg
Condiciones Climatológicas a las que están expuestas las vías férreas.

El drenaje artificial es el conjunto de obras que sirve para captar, conducir y alejar del camino el agua que puede causar problemas.

Al caer sobre la superficie terrestre, el agua de lluvia tiene varios destinos: escurre superficialmente, se infiltra al subsuelo o se evapotranspira. El agua que escurre de manera superficial se va uniendo y forma pequeños escurrideros que se convierten en arroyos y después en ríos, los cuales llegan al mar o a una depresión continental como los lagos y las lagunas.

Cuando se construye un camino de cualquier tipo, casi siempre se corta el escurrimiento natural, permitiéndose el paso del agua sólo en los sitios que elige el proyectista, quien de esta manera aleja el agua del camino lo más pronto posible.

Así, el agua que antes de la construcción del camino corría libremente, debe canalizarse en forma adecuada para concentrarse en éstas obras, lo que origina las obras de captación y conducción.

Si desde la etapa de elección de ruta no se elige la zona más adecuada, se presentarán problemas durante la vida del camino y aumentarán de manera innecesaria los costos de conservación. Por ello, es necesario efectuar reconocimientos físicos del terreno, que pueden ser a pie, a lomo de bestia o en avioneta o helicóptero dependiendo de la longitud de la vía y/o su importancia, sin descartar el uso de fotografías aéreas o programas satelitales disponibles de manera gratuita a través de Internet.

En resumen el éxito del proyecto dependerá de una adecuada elección de la ruta.





CONSIDERACIONES HIDROLÓGICAS APLICABLES AL ESTUDIO DEL DRENAJE

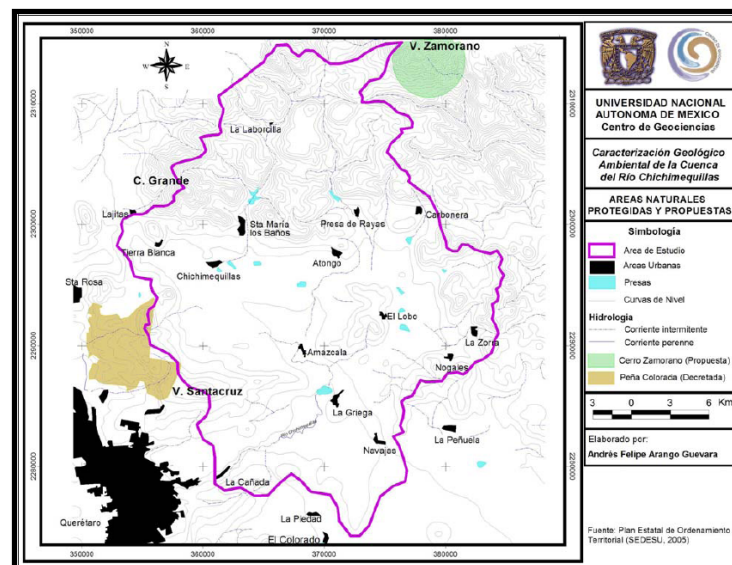
Los factores que afectan el escurrimiento del agua son los siguientes:

- Cantidad de precipitación
- Tipo de precipitación
- Tamaño de la cuenca
- Declive superficial
- Permeabilidad de suelos y rocas
- Condiciones de saturación
- Cantidad y tipo de vegetación

En relación con la cantidad y tipo de precipitación, se debe tener en cuenta la cantidad anual de agua que cae y si lo hace en forma de aguacero o de lluvia fina durante períodos largos.

El tamaño del área por drenar es importante, ya que un aguacero puede abarcar la totalidad de una cuenca pequeña. Sin embargo, si las cuencas son muy grandes, la lluvia quizá sólo caiga en una parte de ellas y se infiltre bastante al escurrir sobre la zona sin mojar. Asimismo, la pendiente de la cuenca es vital, pues el agua se concentra con más rapidez mientras la pendiente es mayor y la topografía permite cauces más directos.

Si la permeabilidad de los suelos y las rocas es alta a causa de su formación geológica, el escurrimiento es menor ya que una buena parte del agua se infiltra. En cambio en suelos con una saturación alta o una cubierta de pastizales cerrada, el escurrimiento es mayor aunque lento en el último caso.



FUENTE: ARANGO Guevara, Andrés Felipe. Caracterización Geológico-Ambiental de la Cuenca del Río Chichimequillas, Estado de Querétaro. Tesis (Maestro en Ciencias de la Tierra, Geología Ambiental). México, Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Geociencias, 2006. P.42.

En la actualidad existen diferentes métodos hidrológicos para obtener el gasto que pueda aportar una cuenca, y se clasifican en: empíricos, estadísticos y basados en la relación lluvia-escurrimiento.





Los métodos empíricos se sustentan en la experiencia de los proyectistas y, en general, requieren que se conozca el tamaño de la cuenca considerada. Para ello se aplica un factor con el cual se pretende tomar en cuenta otras variables.

En los métodos estadísticos se usan datos de precipitaciones y escurrimientos registrados durante un largo tiempo y con base en los máximos anuales de la corriente que se trate. No obstante, la mayoría de los estudios estadísticos se ha hecho para corrientes muy importantes y no es aplicable a las cuencas pequeñas que generalmente cruzan los caminos, excepto para las que requieren puentes de gran trascendencia.

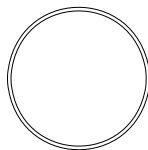
Por último, los métodos basados en la relación lluvia-escurrimiento requieren datos de precipitación, así como algunas características de la cuenca en estudio. Su aplicación está limitada a cuencas pequeñas, ya que éstos métodos se desarrollan para áreas de hasta 50 km².²

CLASIFICACIÓN DEL DRENAJE²⁵

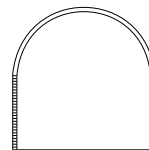
El drenaje artificial se clasifica en superficial y subterráneo, dependiendo de si el agua escurre o no por las capas de la corteza terrestre. El drenaje superficial se considera longitudinal o transversal, según la posición que las obras guarden respecto al eje de la vía.

El drenaje longitudinal tiene por objeto captar los escurrimientos para evitar lleguen a la vía o permanezcan en ella, causando desperfectos. De éste tipo de drenaje son las cunetas, contracunetas, bordillos y canales de encauzamiento. Se les denomina longitudinales debido a que éstos son más o menos paralelos al eje de la vía.

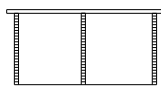
El drenaje transversal da paso expedito al agua que cruza de un lado a otro de la vía, o bien la retira lo más pronto posible de la corona, como tubos, losas, cajones, bóvedas, lavaderos, sifones invertidos y puentes.



TUBO



BÓVEDA



LOSA SOBRE
ESTRIBOS



CAJÓN

Tipos de Drenajes Transversales (Alcantarillas) utilizados para ferrocarriles. Autocad 2008.



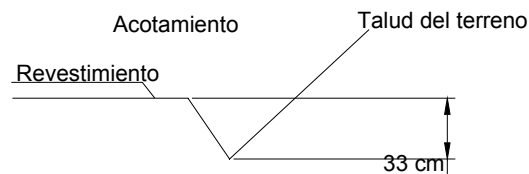


DRENAJE LONGITUDINAL²⁶

Cunetas

Las cunetas son canales en los cortes que se hacen a los lados de la cama del camino y cuya función es interceptar el agua que escurre de la corona de la vía, del talud del corte y del terreno natural adyacente, para conducirla hacia una corriente natural o a una obra transversal y así alejarla lo más pronto posible de la zona que ocupa la vía férrea.

Para calcular el área hidráulica de las cunetas es necesario tomar en cuenta las características del área por drenar. En la mayoría de los casos se considera suficiente utilizar una sección transversal triangular con una profundidad de 33 cm, un ancho de 1 m y taludes, del lado de la corona de 3:1 y, del lado del corte, el que corresponda según el material que se encuentre. La longitud de las cunetas no debe ser mayor de 250 m; si sobrepasa esa cantidad, se debe construir una obra de alivio que permita reducir esa longitud al captar y conducir el caudal de la cuneta aguas abajo, fuera del camino.⁴



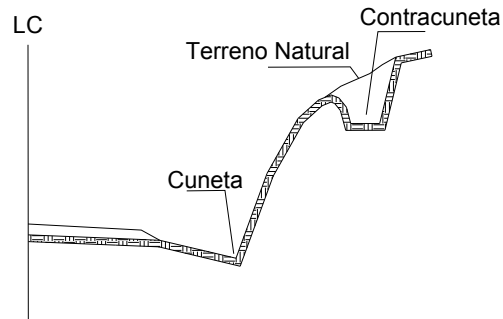
Detalle de Cuneta. Autocad 2008.

Contracunetas

Las contracunetas son zanjas que se construyen aguas arriba de los cerros de los cortes y su finalidad es interceptar el agua que escurre por las laderas y conducirla hacia alguna cañada inmediata o una parte baja del terreno; así se evita que al escurrir el agua por los taludes se erosione y aumente el caudal de las cunetas. No es recomendable la utilización de las contracunetas debido a que puede originar fallas en los cortes por sobresaturación de los materiales.⁴

²⁶OLIVERA Bustamante Fernando, 1996. Estructuración de Vías Terrestres. 2ª Ed. Continental. México. Pp. 66 - 94





Detalle de Contracuneta. Autocad 2008.

Canales de encauzamiento

En terrenos sensiblemente planos, en los cuales el escurrimiento es de tipo torrencial y no existen cauces definidos, es necesario construir canales que intercepten el agua antes de que ésta llegue a la vía y la conduzcan hacia sitios elegidos con anticipación, en los que se pueda construir una obra transversal y efectuar el cruzamiento.



FUENTE: <http://i59.photobucket.com/albums/g302/TintinMadrid/10MAR07/ARRVALLE/ARRVLL10MAR40.jpg>

Detalle de Canal de Encauzamiento Proyecto Arrvalle, Madrid, España.



ALCANTARILLAS (DRENAJE TRANSVERSAL)²⁷

Las alcantarillas son estructuras transversales de forma diversa cuya función es conducir y desalojar, con la mayor rapidez posible, el agua de las hondonadas y las partes bajas del terreno que atraviesan el camino. Por la forma de su sección y el material de que están construidas, éstas estructuras de drenaje se clasifican en tubos, bóvedas, losas sobre estribos y cajones. Las alcantarillas están siempre alojadas en el cuerpo de la terracería.

Tubos

Los tubos son alcantarillas de sección usualmente circular y el material utilizado puede ser concreto reforzado o lámina ondulada, en algunos casos se utiliza mampostería y mortero, sin embargo esto último es más utilizado para las bóvedas. Recientemente se utilizan también tubos plásticos de alta resistencia obteniendo resultados óptimos.



FUENTE: http://ingmurillomartinez.com/carretera_cort_s.jpg
Detalle de Tubos de drenaje en Carretera del Estado de Oaxaca, México.

Bóvedas

Son estructuras cuya sección transversal interior está formada por tres partes principales: el piso, dos paredes verticales que son las caras interiores de los estribos y sobre éstas, un arco circular de medio punto o rebajado, que es el intradós de un arco estructural de sección variable con un mínimo espesor en la clave. En general, las bóvedas se construyen con mampostería y mortero de cemento arena 1:5.



FUENTE: http://ottonello.blogspot.com/2007_10_01_archive.html
Detalle de Bóveda en carretera de Almoneda, España.



Losas sobre estribos

Las losas sobre estribos son estructuras formadas por dos muros de mampostería , sobre los que se apoya una losa de concreto armado.



FUENTE: <http://i132.photobucket.com/albums/q11/252-017/LAV%20Madrid-Valladolid%2011-06/LAV%20Madrid-Valladolid%2002-06-07/Imagen050.jpg>

Detalle del uso de Losas sobre estribos en sistema ferroviario Madrid-Valladolid, España.

Cajones

Los cajones son estructuras de sección rectangular con paredes, techos y piso de concreto armado cuya construcción requiere de cuidados especiales. Trabajan en conjunto con un marco rígido que absorbe el peso y el empuje del terraplén, la carga viva y la reacción del terreno.



FUENTE: <http://www2.mop.gob.sv/galeria/displayimage.php?pid=378&fullsize=1>

Detalle del uso de Cajones. Boulevard Diego de Holguín, El Salvador.





CÁLCULO DE ALCANTARILLAS O DRENAJES TRANSVERSALES²⁸

En el proyecto de éstas se toman en cuenta los siguientes factores:

- Ubicación de la obra y proyecto de la plantilla
- Cálculo del área hidráulica necesaria
- Elección del tipo de obra
- Cálculos dimensional y estructural
- Funcionamientos del drenaje en tramos de 5 km.

Diseño Hidráulico

Para calcular el área hidráulica necesaria en una obra de drenaje se utilizan diferentes métodos, sin embargo, por lo general se emplean la fórmula de Talbot para alcantarillas, el método de sección y pendiente, y la fórmula de Manning para puentes.

La fórmula de Talbot se determinó mediante una gran cantidad de observaciones en zonas de alta precipitación pluvial (máxima de 100 mm/h), que es la siguiente:

$a = 0.183 C A^{3/4}$, en la que:

a = Área hidráulica necesaria en la obra, en m².

A = Área hidráulica de la cuenca por drenar, en ha.

C = Coeficiente que varía de acuerdo con las características del terreno

$C = 1$, para terrenos montañosos con suelos de roca y pendientes pronunciadas.

$C = 0.65$, para terrenos quebrados con pendientes moderadas.

$C = 0.50$, para cuencas irregulares, muy largas.

$C = 0.33$, para terrenos agrícolas ondulados, en los que el largo de la cuenca es de 3 a 4 veces el ancho.

$C = 0.20$, para terrenos llanos, sensiblemente horizontales, no afectados por inundaciones fuertes.

Elección del tipo de obra²⁹

Conviene tener presente que en la elección del tipo de alcantarilla intervienen la adecuada funcionalidad hidráulica y estructural, así como el aspecto económico.

En relación con la altura del terraplén, cuando la subrasante ya está definida, los tubos y las bóvedas requieren un colchón mínimo de terraplén en los hombros de 0.60 m y de 1.00 m, respectivamente; en cambio, las losas y la parte superior de los cajones pueden quedar a la altura de la rasante del camino.

La capacidad de carga del terreno influye en el costo y la elección de las obras, pues la cimentación que requieren tiene en cada caso costos diferentes y por ello se utilizan, a menudo, cajones para los terrenos de baja capacidad de carga. Por razones económicas, los materiales que

²⁸OLIVERA Bustamante Fernando, 1996. Estructuración de Vías Terrestres. 2ª Ed. Continental. México. Pp. 66 - 94

²⁹OLIVERA Bustamante Fernando, 1996. Estructuración de Vías Terrestres. 2ª Ed. Continental. México. Pp. 66 - 94





están disponibles en la región para construir las alcantarillas juegan un papel preponderante en la elección del tipo de obra.

EJEMPLO:

Calcular el área hidráulica necesaria para un drenaje transversal de acuerdo a los datos siguientes:

Tipo de terreno: Agrícola
Área de la Cuenca: 35 Ha.

Según la fórmula de Talbot tenemos:

$$a = 0.183 C A^{3/4}$$

De la cual sustituimos:

$$a = 0.183 (0.33) (35)^{3/4}$$

Así tenemos que el área hidráulica necesaria será:

$$a = 0.87 \text{ m}^2$$

Según lo anterior se propone la utilización de una alcantarilla de tubo, de donde:

$$A_{\text{tubo}} = a$$

$$A_{\text{tubo}} = \Pi r^2$$

$$r = (A_{\text{tubo}} / \Pi)^{1/2}$$

Sustituimos:

$$r = (0.87 / 3.1416)^{1/2}$$

$$r = 1.65 \text{ m}$$

Por lo tanto se propone la utilización de un drenaje de tubo de 3.2 m de Diámetro.





BIBLIOGRAFIA.

- OLIVERA Bustamante Fernando, 1996.Estructuración de Vías Terrestres. 2ª Ed. Continental. México. Pp. 25 – 26
- OLIVERA Bustamante Fernando, 1996.Estructuración de Vías Terrestres. 2ª Ed. Continental. México. Pp. 27 - 31
- OLIVERA Bustamante Fernando, 1996.Estructuración de Vías Terrestres. 2ª Ed. Continental. México. Pp. 32
- OLIVERA Bustamante Fernando, 1996.Estructuración de Vías Terrestres. 2ª Ed. Continental. México. Pp. 37-40
- OLIVERA Bustamante Fernando, 1996.Estructuración de Vías Terrestres. 2ª Ed. Continental. México. Pp. 76-78
- EJEMPLO VISTO EN ACADEMIA DE VIAS TERRESTRES
- OLIVERA Bustamante Fernando, 1996.Estructuración de Vías Terrestres. 2ª Ed. Continental. México. Pp.78-79
- OLIVERA Bustamante Fernando, 1996.Estructuración de Vías Terrestres. 2ª Ed. Continental. México. Pp. 84-85-87
- OLIVERA Bustamante Fernando, 1996.Estructuración de Vías Terrestres. 2ª Ed. Continental. México. Pp. 84-85-87
- OLIVERA Bustamante Fernando, 1996.Estructuración de Vías Terrestres. 2ª Ed. Continental. México. Pp. 87-90
- OLIVERA Bustamante Fernando, 1996.Estructuración de Vías Terrestres. 2ª Ed. Continental. México. Pp. 87-90
- OLIVERA Bustamante Fernando, 1996.Estructuración de Vías Terrestres. 2ª Ed. Continental. México. Pp. 92-96
- OLIVERA Bustamante Fernando, 1996.Estructuración de Vías Terrestres. 2ª Ed. Continental. México. Pp. 97
- EJEMPLO VISTO EN ACADEMIA DE VIAS TERRESTRES
- OLIVERA Bustamante Fernando, 1996.Estructuración de Vías Terrestres. 2ª Ed. Continental. México Pp. 103-115
- OLIVERA Bustamante Fernando, 1996.Estructuración de Vías Terrestres. 2ª Ed. Continental. México. Pp. 117-118
- OLIVERA Bustamante Fernando, 1996.Estructuración de Vías Terrestres. 2ª Ed. Continental. México. Pp. 121-123
- EJEMPLO VISTO EN ACADEMIA DE VIAS TERRESTRES
- OLIVERA Bustamante Fernando, 1996.Estructuración de Vías Terrestres. 2ª Ed. Continental. México. Pp. 121-123
- OLIVERA Bustamante Fernando, 1996.Estructuración de Vías Terrestres. 2ª Ed. Continental. México. Pp. 122-123
- OLIVERA Bustamante Fernando, 1996.Estructuración de Vías Terrestres. 2ª Ed. Continental. México. Pp.126
- OLIVERA Bustamante Fernando, 1996.Estructuración de Vías Terrestres. 2ª Ed. Continental. México. Pp.131
- OLIVERA Bustamante Fernando, 1996.Estructuración de Vías Terrestres. 2ª Ed. Continental. México. Pp.131-149
- OLIVERA Bustamante Fernando, 1996.Estructuración de Vías Terrestres. 2ª Ed. Continental. México. Pp.151-152
- OLIVERA Bustamante Fernando, 1996.Estructuración de Vías Terrestres. 2ª Ed. Continental. México. Pp. 66 - 94
- OLIVERA Bustamante Fernando, 1996.Estructuración de Vías Terrestres. 2ª Ed. Continental. México. Pp. 66 - 94
- OLIVERA Bustamante Fernando, 1996.Estructuración de Vías Terrestres. 2ª Ed. Continental. México. Pp. 66 - 94
- OLIVERA Bustamante Fernando, 1996.Estructuración de Vías Terrestres. 2ª Ed. Continental. México. Pp. 66 - 94





3.- OBRAS COMPLEMENTARIAS Y TUNELES



OBRAS COMPLEMENTARIAS Y TUNELES

Obras de Arte Complementarias¹

Se entiende por obras complementarias, las que, como su nombre lo indica, sirven para completar un diseño de obra ferroviaria, ya sean obras provisionales para mantener el tráfico de los trenes, u obras definitivas, como las utilizadas para la defensa de los puentes y de terraplenes.

Obras Provisionales

Una obra muy utilizada en Ferrocarriles, tanto para construir puentes o ductos subterráneos, como para reanudar el tráfico luego de un accidente en la vía férrea, es la colocación de tramos metálicos, de diversos claros, para formar puentes provisorios que permiten construir, reconstruir o reparar obras de hormigón armado o terraplenes bajo el claro libre que dejan.

Estos tramos se colocan con "cortadas de tráfico", cuya duración dependerá de la densidad de tráfico del sector, pero que en general no son de más de 4 horas, en las cuales deben hacerse los diferentes trabajos necesarios: desarmar la vía férrea, construir apoyos con castillos de 2 corridas de durmientes, colocar el o los tramos provisorios previamente preparados con los durmientes de trabajo y rearmar la vía.

Las "cortadas de tráfico", las solicita un inspector de vía a un inspector de tráfico y pueden o no, dependiendo de los elementos a utilizar en las maniobras, necesitar cortadas de energía por la catenaria en el caso de vías electrificadas.

Cuando el tramo o el claro libre necesario es pequeño, se utilizan paquetes de rieles como vigas provisionales, en la misma forma descrita en el punto anterior.

Otras obras provisionales son las entibaciones, necesarias cuando el claro libre de los tramos provisorios no permite dejar el talud natural en las excavaciones. Para ellas se deben presentar los cálculos y croquis correspondientes.



Fig.3.1 Obras provisionales

http://www.trensim.com/foro/files/alcantarilla_la_fregeneda-barca_d_alva_237.jpg

¹ www.sectra.cl/contenido/metodologia/transporte_interurbano/redefe/seccion_5_2.htm - 49k - En caché - Páginas similares



Obras Definitivas

La defensa fluvial de los puentes, es una obra definitiva que permanentemente hay que inspeccionar y controlar, puesto que las condiciones que sirven para el diseño, pueden cambiar con el transcurso de los años.

En primer lugar, es necesario realizar el estudio hidráulico del río que pasa bajo el puente, con el perfil longitudinal del eje hidráulico y perfiles transversales, que comiencen, en lo posible, desde otro puente aguas arriba, hasta 100 m aguas abajo del puente ferroviario. Con este estudio deberá decidirse por la defensa más apropiada para las cepas y los estribos.

Lo recomendable para puentes existentes es la protección con piedra de defensa de regular tamaño, es decir entre 800 y 1500 kilos, y su colocación una a una. En el caso de protección de taludes, debe comenzarse la colocación de piedras, aproximadamente 1m bajo la socavación esperada formando un pie de talud y subiendo con una inclinación de 1 V : 1,5 H.

También son aconsejables en los claros más expuestos a socavación, hacer zampeado con piedra de defensa menor, entre 300 y 800 kilos, y hormigón H5 con un diente de 50 cm de profundidad mínima y 30 cm de ancho al comienzo del radier. Este diente se puede ver en lámina tipo de alas en V.

En el caso de ser necesario proteger los terraplenes de la vía férrea, lo más aconsejable son los muros de hormigón armado. Estos deben calcularse para el empuje de tierra natural, el empuje debido a la sobrecarga móvil y el sismo correspondiente.



Fig. 3.2 Obras definitivas

http://books.google.com/books?id=G9zxVrbzctcC&pg=PA765&lpg=PA765&dq=que+son+los+drenajes+menores+o+mayores&source=web&ots=XxtjrmSBdf&sig=72ddnT1YfHhSud3VqL0L_D8rSEs#PPA765,M1

3.1 Alcantarillas²

El drenaje de una vía terrestre comprende las estructuras espectaculares como son los puentes y las alcantarillas, responsables principales del drenaje transversal: es decir, del paso de grandes masas de agua, arroyos, ríos etcétera a través de la obra, en una dirección más o menos perpendicular a ella. Suele llamarse a los puentes obras de drenaje mayor y alas alcantarillas de drenaje menor. La frontera

²Alfonso Rico Rodríguez, Hermilo del Castillo (1993). *La Ingeniería de suelos en las vías terrestres*. Limusa Noriega, México, tomo 1, pag. 231



entre ambos tipos de estructura no está, naturalmente, definida; convencionalmente, se acepta en México que un puente es la obra que tiene algún claro de longitud mayor de 6 m, reservándose el nombre de alcantarilla para estructuras resueltas con claros menores, independientemente de del hecho de que esos claros menores de 6 m pudieran repetirse varias veces, dando a la obra en conjunto una longitud más grande que ese límite.



Fig.3.1.1 Alcantarilla típica en una carretera. Losa de concreto
Referencia Bibliográfica:

Alfonso Rico Rodríguez, Hermilo del Castillo (1993). La Ingeniería de suelos en las vías terrestres. Limusa Noriega, México, tomo 1, pag. 231

ESTUDIOS

En los puentes se realizan estudios de exploración de suelos e investigaciones de laboratorio y sus cimentaciones son objetos de proyecto muchas veces muy elaborados. Que hace uso de las técnicas mas sofisticadas, tales como los pilotes de punta o de fricción, los cilindros o los grandes cajones de cimentación (naturalmente no se hacen aquí ninguna referencia a los muy importantes estudios hidrológicos e hidráulicos, que constituyen una parte medular del proyecto de los puentes). En las alcantarillas, por el contrario constituyen una práctica común que los estudios de cimentación que se hacen para cada una de ellas sean superficialmente; debe tenerse en cuenta, que en el terreno tenga una capacidad de carga no muy elevada (generalmente son suficientes capacidades comprendidas entre 1.0 y 3.0 kg/cm²) y es raro ir de la simple inspección visual de muestras obtenidas en pozos a cielo abierto, con pasteadoras u otras herramientas de uso barato y alcance restringido. El proyecto de la cimentación en sí, así como el estructural suele ser cuestión de proyecto tipo y tampoco suelen hacerse en las alcantarillas los estudios hidráulicos que son de rutina en los puentes. Para fijar ideas y citando números toscamente aproximadamente puede decirse que el número común de alcantarillas puede no ser inferior a 3 ò 4 por kilometro, en tanto que la inversión total que en las alcantarillas se hace puede alcanzar un 15 ò 20 % del costo total de la vía.



Fig.3.1.2 Construcción de una alcantarilla de losa
Referencia Bibliográfica:

Alfonso Rico Rodríguez, Hermilo del Castillo (1993). La Ingeniería de suelos en las vías terrestres. Limusa Noriega, México, tomo 1, pag. 232



Alcantarillas: son estructuras menores, aunque pueden llegar a alcanzar cierta importancia en función de circunstancias específicas.³

Se utilizan como pasos a través de terraplenes, por lo cual quedan enterradas detectándose su presencia por los cabezales que asoman en cada extremo por prolongación de la misma alcantarilla.

Se diferencian 4 tipos:

- **Alcantarillas de cajón:** formadas por dos paredes laterales, tapa y fondo, generalmente de sección constante y cartelas en las esquinas. Algunas veces no tienen relleno encima por lo cual las cargas rodantes estarán en contacto con la losa de tapa; otras veces tienen relleno encima, no mayor de unos 8 mts A menor tamaño del cajón, el relleno puede ser mayor.

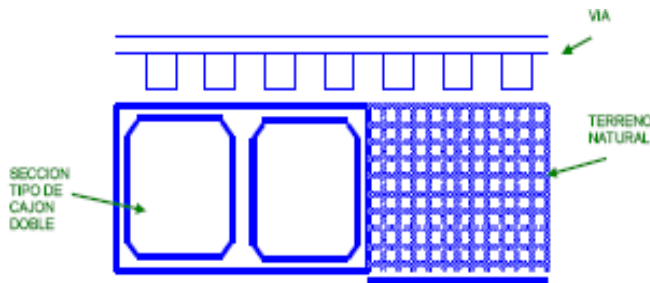


Fig.3.1.3 Construcción de una alcantarilla de cajón

- **Alcantarillas circulares:** Son tubos enterrados, diámetros no mayores de 90 cm, para facilitar su limpieza; tubos de diámetros grandes son muy costosos.



Fig. 3.1.4 Alcantarillas circulares

<http://www.comunasantaisabel.com.ar/alcantarilla.jpg>

- **Bóvedas de concreto armado:** Son estructuras que resisten grandes rellenos encima de su techo. Casi siempre formadas por secciones de espesores variables y con geometría de arcos circulares o parabólicos.



Fig. 3.1.5 Alcantarillas de bóvedas de concreto.

http://bp1.blogger.com/_1zea6JN6z1w/SGjhcKJr7cI/AAAAAAABtU/4ckOL8CKxUc/s400/De+Niebla+a+Huelva+por+la+v%C3%ADa+del+tren+minero+067.JPG

³ <http://www.miliarium.com/monografias/Puentes/TiposPuentes.asp>



- **Alcantarillas metálicas:** formadas por chapas acanaladas, de acero galvanizado, premoldeadas para formar tubos de diámetro, previsto. Funcionan como estructuras elásticas ó flexibles, por lo cual se adaptan a las presiones del relleno que soportan.



Fig. 3.1.6 Alcantarillas metálicas.

http://bp1.blogger.com/_1zea6JN6z1w/SgJhcKJr7cI/AAAAAABiU/4ckOL8CKxUc/s400/De+Niebla+a+Huelv+a+por+la+v%C3%ADa+del+tren+minero+067.JPG

Cuando un camino cuenta con cunetas muy largas debido a que va bordeando una loma o ladera, por ejemplo, es muy conveniente aliviar la cuneta cada 100 metros mediante el empleo de una alcantarilla de alivio que sirva para dar salida a toda el agua que esté arriba de la misma, lográndose que el caudal de la cuneta no pase cierto límite. La separación de 100 metros es solo como guía ya que debe colocarse de acuerdo con las condiciones de pendiente, tipo de suelo, protección de las cunetas y ancho de su sección transversal.

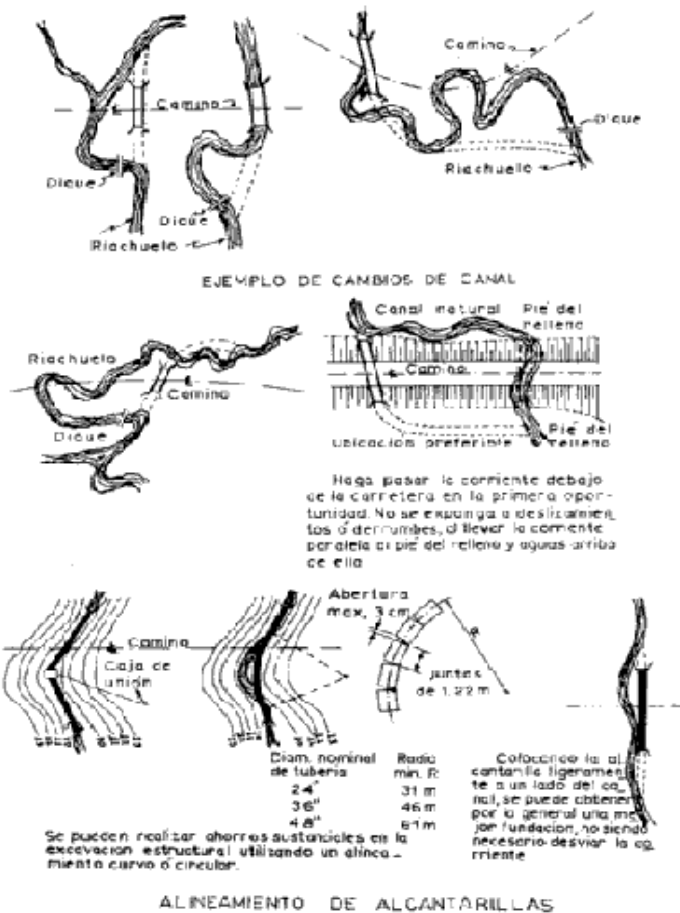


Fig.3.1.7 Alineamiento de alcantarillas.

Referencia Bibliográfica:
 Carlos Crespo Villalaz (1996), *Vías de comunicación: Caminos, Ferrocarriles, Aeropuertos, puentes y puertos*, Limusa Noriega Editores, México, Página 150.





AREA HIDRAULICA DE LAS ALCANTARILLAS⁴

El calculo del área hidráulica de las alcantarillas es semejante al que se presenta en los puentes, o sea, se trata de permitir el paso del máximo caudal de agua que haya en cada caso haciéndolo de tal manera que no cause trastornos ni al camino ni a la estructura misma.

Hay cinco procedimientos para proyectar hidráulicamente una alcantarilla. Estos procedimientos son los siguientes:

- a) Procedimiento por comparación
- b) Procedimiento empírico
- c) Procedimiento de sección y pendiente
- d) Procedimiento de la precipitación pluvial
- e) Procedimiento racional

El Procedimiento por comparación se aplica en aquellos casos en los que se trata de construir una nueva alcantarilla en un lugar donde ya había otra existente en el mismo apoyo.

El procedimiento empírico es especialmente usado cuando no ha existido ninguna alcantarilla en el lugar y cuando no hay datos respecto al gasto máximo del arroyo, ni datos de precipitación pluvial. El método empírico esta bastante generalizado y consiste en el empleo de ciertas formulas empíricas para calcular el área hidráulica en función del área drenada y de las características topográficas de la cuenca a drenar. Encontrando el área hidráulica de una alcantarilla por medio de las formulas empíricas ya se la de Talbot, la de Peck, o la de Meyers, se ha visto que los resultados difieren bastante entre si, y que los valores encontrados con la formula de Talbot son los que mas se acercan al promedio de los valores obtenidos con las tres formulas. Debido a lo anterior es por lo que, generalmente, se emplea mas la formula de Talbot profesor de la Universidad de Illinois que es:

$$a = 0.188 * C * \sqrt[3]{A^3}$$

En la que:

a = Área hidráulica, en metros cuadrados, que deberá tener la alcantarilla.

A = Superficie a drenar, en hectáreas.

C = Coeficiente que vale:

C = 1.00 para terrenos montañosos y escarpados.

C = 0.80 para terrenos con mucho lomerío.

C = 0.60 para terrenos con lomerío.

C = 0.50 para terrenos muy ondulados.

C = 0.40 para terrenos poco ondulados.

C = 0.30 para terrenos casi planos.

C = 0.20 para terrenos planos.

A continuación se dan algunos valores del área hidráulica de una alcantarilla calculados con la formula de Talbot.⁴

Área drenada en hectáreas	Terreno montañoso C = 1.00	Mucho lomerío C = 0.80	Lomerío C = 0.60	Lomerío ondulado C = 0.50	Terreno casi plano C = 0.30
1	0.18	0.14	0.11	0.09	0.05
2	0.31	0.25	0.19	0.16	0.09
4	0.52	0.42	0.31	0.26	0.16
6	0.70	0.56	0.42	0.35	0.21
8	0.87	0.70	0.52	0.44	0.26
10	1.03	0.82	0.62	0.52	0.31
20	1.73	1.38	1.03	0.86	0.52
30	2.25	1.88	1.41	1.18	0.71
50	3.44	2.75	2.06	1.72	1.03

⁴ Carlos Crespo, Carlos Crespo Villalaz (1996), *Vías de comunicación: Caminos, Ferrocarriles, Aeropuertos, puentes y puertos*, Limusa Noriega Editores, México, Página 151.



3.1.2 Puentes⁵



Fig. 3.1.2.1 Puente sobre el río Colorado, en Estados Unidos.

http://es.wikipedia.org/wiki/Imagen:Hite_Crossing_Bridge_HWY95_view2_MC.jpg

Un **puente** es una construcción, por lo general artificial, que permite salvar un accidente geográfico o cualquier otro obstáculo físico como un río, un cañón, un valle, un camino, una vía férrea, un cuerpo de agua, o cualquier obstrucción. El diseño de cada puente varía dependiendo de su función y la naturaleza del terreno sobre el que el puente es construido.

Su proyecto y su cálculo pertenecen a la ingeniería estructural, siendo numerosos los tipos de diseños que se han aplicado a lo largo de la historia, influidos por los materiales disponibles, las técnicas desarrolladas y las consideraciones económicas, entre otros factores.



3.1.2.2 Puente de madera que une a del Caimán con la Playa de las tas, en Isla Cristina, provincia de Huelva.

http://es.wikipedia.org/wiki/Imagen:Puerto_Pano1.jpg

Tipos de puentes

Existen seis tipos principales de puentes:

Puentes viga, en ménsula, en arco, colgantes, atirantados, apuntalados. El resto de tipos son derivados de estos.



Fig. 3.1.2.3 En ménsula (Puente Rosario-Victoria), trabaja a tracción en la zona superior de la estructura y compresión en la inferior. Los puentes atirantados (foto) son una derivación de este estilo.

http://es.wikipedia.org/wiki/Imagen:Puerto_Rosario-Victoria_2.jpg

⁵ <http://es.Puente - Wikipedia, la enciclopedia libre.htm>





Fig. 3.1.2.4 En viga (Stuttgart Cannstatt Eisenbahnviadukt), trabaja a tracción en la zona inferior de la estructura y compresión en la superior. No todos los viaductos son puentes viga, muchos son en ménsula.
<http://es.wikipedia.org/wiki/Imagen:Stuttgart-cannstatt-eisenbahnviadukt.jpg>

Taxonomía estructural y evolución

Los puentes pueden ser clasificados por la forma en que las cuatro fuerzas de tensión, compresión, flexión y tensión cortante están distribuidas en toda su estructura. La mayor parte de los puentes emplea todas las fuerzas principales en cierto grado, pero sólo unas pocas predominan. La separación de fuerzas puede estar bastante clara. En un puente suspendido, los elementos en tensión son distintos en forma y disposición. En otros casos las fuerzas pueden estar distribuidas entre un gran número de miembros, tal como en uno apuntalado, o no muy perceptibles a simple vista como en una caja de vigas. Los puentes también pueden ser clasificados por su linaje.



Fig. 3.1.2.5 Puente colgante en Millau, Francia, es el puente más largo del mundo con una longitud de 2460 m.
http://es.wikipedia.org/wiki/Imagen:Wiadukt_Millau.jpg

Por sus Materiales

Se usan diversos materiales en la construcción de puentes. En la antigüedad, se usaba principalmente madera y posteriormente se usó roca. Más recientemente se han construido los puentes metálicos, material que les da mucha mayor fuerza. Los principales materiales que se usan para la edificación de los puentes son:

- Piedra
- Madera
- Acero
- Hormigón armado (concreto)
- Hormigón pretensado
- Hormigón pos tensado
- Mixtos



La estructura de un puente no está constituida de un único material, por lo cual, esta clasificación difícilmente se adapta a la realidad. Por ejemplo, los puentes de arcos hechos con mampostería de ladrillos, normalmente tienen las bases construidas con mampostería de piedra ya que de este modo resultan más consistentes y más duraderos al embate de las aguas de un río.

- **Según el obstáculo que salvan** los puentes pueden ser:
 - acueductos: soportan un canal o conductos de agua.
 - viaductos: puentes construidos sobre terreno seco o en un valle y formados por un conjunto de tramos cortos.
 - pasos elevados: puentes que cruzan autopistas, carreteras o vías de tren.
 - carretera elevada: puente bajo, pavimentado, sobre aguas pantanosas o en una bahía y formado por muchos tramos cortos.
 - alcantarillas: un puente por debajo del cual transitan las aguas de un río o quebrada.



Fig. 3.1.2.6 Acueductos

<http://es.wikipedia.org/wiki/Imagen:Dundas.aqueduct.300805.arp.jpg>



Fig. 3.1.2.7 Viaducto

<http://es.wikipedia.org/wiki/Imagen:Toronto-bloorviaduct.jpg>

Según el sistema estructural predominante pueden ser:

- isostáticos
- hiperestáticos

Aunque esto nunca será cierto al menos que se quisiera lograr con mucho empeño, todos los elementos de un puente no podrán ser isostáticos, ya que por ejemplo un tablero apoyado de un puente está formado por un conjunto altamente hiperestático de losa de calzada, vigas y diafragmas transversales (separadores), cuyo análisis estático es complicado de realizar.

Este tipo de clasificación es cierta si se hacen algún tipo de consideraciones, como por ejemplo:

- se denomina "**puente isostático**" a aquel cuyos tableros son estáticamente independientes uno de otro y, a su vez, independientes, desde el punto de vista de flexión, de los apoyos que los sostienen.

- se denomina "**puente hiperestático**" aquel cuyos tableros son dependientes uno de otro desde el punto de vista estático, pudiendo establecerse o no una dependencia entre los tableros y sus apoyos.



También según el sistema estructural los puentes se pueden clasificar como:⁶

- **puentes en arco o arqueados** (el elemento estructural predominante es el arco, utilizando como material de construcción el acero y que pueden ser estáticos o hiperestáticos). Pueden ser de:
 - tablero superior
 - acero con *tímpano* de *celosía*
 - arcadas y de hormigón
 - con tímpano abierto o macizo
 - tablero inferior, discurriendo la calzada entre los arcos, paralelos o no, con diversos tipos de sujeción.



Fig. 3.1.2.7 Puente arco
http://es.wikipedia.org/wiki/Imagen:Causey_Arch.jpg

- **puentes colgantes.** Constan de un tablero suspendido en el aire por dos grandes cables, que forman sendas catenarias, apoyadas en unas torres construidas sobre las pilas. El tablero puede estar unido al cable por medio de péndolas o de una viga de celosía. Existen diversos puentes colgantes con luces superiores a 100.



Fig. 3.1.2.8 El puente colgante Golden Gate
El Golden Gate, con 1.280 m de longitud, es uno de los puentes colgantes más largos del mundo.
Michael J. Howell/ProFiles West
Microsoft ® Encarta ® 2008. © 1993--2007 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos

- **Según el anclaje:**
 - Puentes fijos: aparecen anclados de forma permanente en las pilas. Dentro de este tipo destacan los puentes de placas, cuya armadura es una plancha de hormigón armado o pretensado que salva la distancia entre las pilas. Es una construcción bastante usual en las autopistas.
 - **Puentes móviles:** pueden desplazarse en parte para dar paso a embarcaciones
- Puentes de pontones: apoyados sobre soportes flotantes, generalmente móviles.





Fig. 3.1.2.9 Puente levadizo
http://es.wikipedia.org/wiki/Imagen:Fort_ticonderoga_dra_wbridge_to_demilune.jpg

o **atirantados**

- con forma de arpa
- con forma de abanico
- con forma de haz



Fig. 3.1.2.10 Puente atirantado
La ingeniería moderna ha sustituido los puentes colgantes por los atirantados, cuyos tirantes o cables de acero se sujetan directamente a la torre. Este ejemplo, el Puente Erasmo, en Rotterdam, salva una distancia de 800 metros y muestra la importancia del diseño de la torre, que se suele construir en hormigón armado. B and International Picture Service, Amsterdam Microsoft® Encarta® 2008. © 1993--2007 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

Puentes de vigas Gerber (tienen tableros isostáticos apoyados sobre voladizos de tramos isostáticos o hiperestáticos).

o **losa maciza**

- un tramo
- varios tramos (isostática e hiperestática)
- articulado o gerber

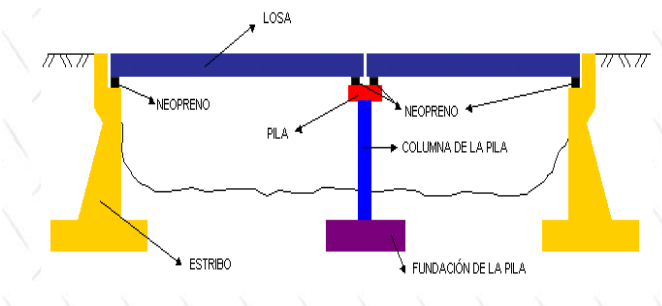


Fig. 3.1.2.11 Puente de losa maciza de concreto armado
<http://www.diferentes clasificaciones de tipos de puentes.htm>

o **con vigas simplemente apoyadas**

un tramo



- varios tramos
- articuladas o gerber
- articuladas o gerber con pilas tipo consolas
- losa apoyada en vigas cajón

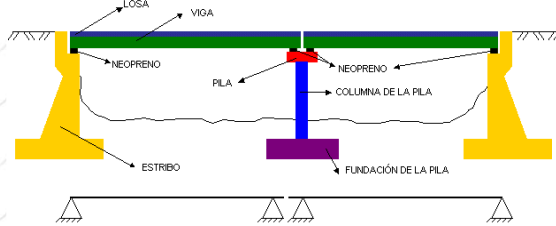


Fig. 3.1.2.12 Puente de vigas isostático en varios tramo

<http://www.diferentes clasificaciones de tipos de puentes.htm>

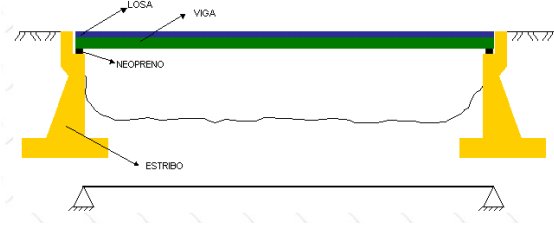


Fig. 3.1.2.13 Puente de vigas isostático en un tramo

<http://www.diferentes clasificaciones de tipos de puentes.htm>

○ **pórticos**

- empotrados
- trilátero biarticulado
- con soportes inclinados
- de pórticos triangulados



Fig. 3.1.2.14 Puente empotrado

http://es.wikipedia.org/wiki/Imagen:Hite_Crossing_Bridge_HWY95_view2_MC.jpg

○ **armadura metálica**

- armadura y arriostramiento inferior
- armadura y arriostramiento superior
- tipo Bayley

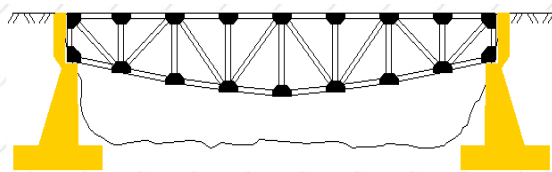


Fig. 3.1.2.15 Puente con armadura metálica y arriostramiento inferior.

<http://www.diferentes clasificaciones de tipos de puentes.htm>

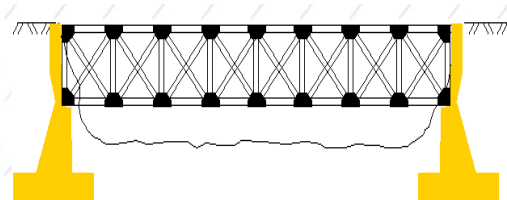


Fig. 3.1.2.16 Puente con armadura metálica inferior tipo Bayley.

<http://www.diferentes clasificaciones de tipos de puentes.htm>

○ **compuestos**





Fig. 3.1.2.17 puentes compuestos o mixtos.
http://www.armf.net/trenhis/trenes_charters/imagenes/garrafeta.jpg

3.1.3 Túnel para ferrocarril⁷



Fig. 3.1.3.1 Túnel para ferrocarril
http://es.wikipedia.org/wiki/Imagen:Tunel_SantPol.JPG

Un **túnel** es una obra subterránea de carácter lineal cuyo objeto es la comunicación de dos puntos, para realizar el transporte de personas, materiales entre otras cosas. Normalmente es artificial.

Los túneles se construyen excavando en el terreno, manualmente o con máquinas. Los sistemas habituales de excavación subterránea son medios mecánicos, voladuras y manual:

- Los medios mecánicos mediante minador puntual (rozadora), minador a sección completa o TBM (Tunnel Boring Machine) o con maquinaria convencional (martillo picador, excavadora...)

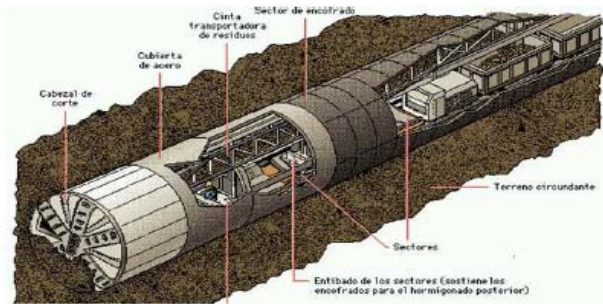


Fig. 3.1.3.2 Esquema de Tuneladora, obtenida de enciclopedia Encarta 2007.

- Perforación y voladura mediante explosivos.



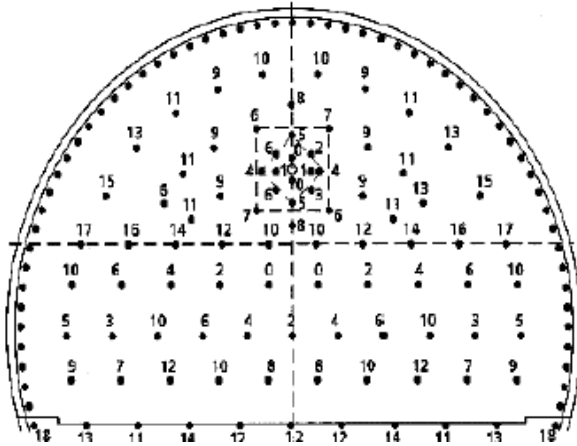


Fig. 3.1.3.3 Una sección típica en forma de herradura y la numeración de los barrenos y el orden en que serán detonados, esto utilizando el método de carga y voladura
<http://es.Túnel - Wikipedia, la enciclopedia libre.htm>

- Manual, método derivado de la minería clásica del carbón de las cuencas asturianas, en el que los operarios pican con martillo neumático la sección a excavar y otra partida de obreros desescombran manual o semi-manualmente.

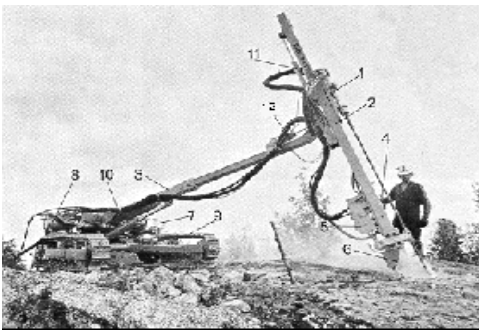


Fig. 3.1.3.4 Martillo hidráulico
<http://www.miliarium.com/monografias/Tuneles/ingeni2.gif>

En el caso de los túneles en roca, dada la variabilidad de los distintos factores que intervienen en la mecánica de rocas, es frecuente abordar su estudio mediante las llamadas clasificaciones geomecánicas, entre las que destaca la clasificación geomecánica RMR.

Puede servir para:

- Tránsito de peatones o ciclistas, para vehículos a motor, para tráfico ferroviario, en particular, muchos sistemas de transporte metropolitano, están constituidos por redes de túneles ferroviarios;
- Unir cuencas hidrográficas vecinas, para transportar agua (para consumo, para centrales hidroeléctricas o como cloacas), por medio de canales, o para atravesar elevaciones topográficas importantes;
- Como comunicación de los niveles de extracción en la explotación de minas subterráneas.
- Para extracción del material de la mina siguiendo una capa, filón o masa mineralizada.
- Conducir otros servicios como cables de comunicaciones, tuberías, etc.

Túneles⁸





La necesidad de los túneles se impone en la construcción de carreteras, ferrocarriles y canales cuando es demasiado costosa (si la profundidad de la trinchera es tal que la excavación al aire libre resulta mas costosa que la de un volumen mas reducido excavado en túnel) o demasiado molesta (por ejemplo, en las ciudades).

Se utilizan para pasar por debajo de canales o ríos (carreteras, ferrocarriles), problema particularmente delicado. En el mismo orden de ideas puede estudiarse el paso de estrechos o brazos de mar: el problema del túnel del canal de la mancha, planteado desde hace largos años.

La construcción de túneles plantea una serie de problemas relacionados ya con las disposiciones a adoptar, con el método de ejecución de estas y el equipo de atajos.

Las soluciones dependen especialmente de la naturaleza del terreno, de su resistencia y de la posible presencia de agua.

Estudios Geológicos del terreno

La primera labor a realizar consiste en el estudio geológico del terreno mediante el mapa geológico y con la asistencia de especialistas. Este estudio debe afectar a la totalidad del trazado proyectado y sus posibles variantes para decidir con pleno conocimiento a causa.

Según la situación de las capas subterráneas que permite prever este estudio, se designara con cierta aproximación la naturaleza de los terreno encontrados, su dureza, su repartición a lo largo del trazado, etc. Por lo tanto, no es conveniente construir galerías de reconocimiento cuando se trabaja en terreno suelto y permeable y cuando la ejecución del túnel no debe seguir inmediatamente a la de la galería.

TRAZADO Y PERFIL LONGITUDINAL

Túneles para carreteras y vías férreas

El trazado y el perfil longitudinal son función esencialmente de la topografía del terreno, pero dependen también de las condiciones de ejecución de las obras.

Los túneles rectilíneos son más fáciles de construir que los curvos en cuando se refiere a la precisión del replanteo del eje, pero esto tiene poca importancia para los túneles de pequeña longitud.

El trazado de los túneles cortos pueden ser recto o curvo, a ser posible de radio constante.

En cambio, para los túneles largos que se atacan siempre por ambos extremos a la vez, se adopta el trazado de línea recta, que es el más económico y exacto en cuando se refiere a la coincidencia entre ambos ataques.



Fig. 3.1.3.5 Túnel con cuatro frentes de ataque
Referencia Bibliografica:
Paul Galabru (1974), Cimentaciones y túneles,
publicado por reverté, España, Pag. 290.

Sin embargo, hay una excepción a esta regla en los túneles de ferrocarril en terreno montañoso como se muestra en la figura.





FIG. 317. Túnel helicoidal.

Fig. 3.1.3.5 Túnel Helicoidal

Referencia Bibliográfica:

Paul Galabru (1974), *Cimentaciones y túneles*, publicado por reverté, España, Pag. 290).

Si el trazado general exige la construcción de un túnel entre los puntos A Y B, el túnel tendrá una pendiente si se traza en línea recta.

Si esta pendiente es inferior a la admisible, se adopta el trazado rectilíneo, pero si es superior, hay que reducirla aumentando la longitud.

En un buen terreno (roca) se utilizan generalmente muros verticales y bóvedas de medio punto. En terrenos menos resistentes se utiliza la forma más o menos ovoidal, ensanchándolas, inclinando los muros y añadiendo una solera interior. En otros casos, se realiza la bóveda dándole una forma ojival.



Fig. 3.1.3.6 Secciones transversales para túneles de vías férreas.

Referencia Bibliográfica:

Paul Galabru (1974), *Cimentaciones y túneles*, publicado por reverté, España, Pag. 298).

Eurotúnel⁹

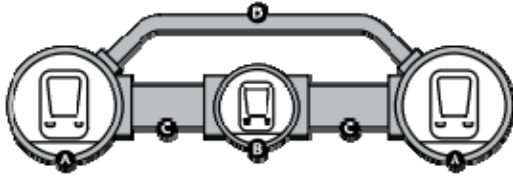


Fig. 3.1.3.7 Terminal del Eurotúnel en Dover, Inglaterra
http://es.wikipedia.org/wiki/Imagen:Eurotunnel_8.jpg

Se denomina **Eurotunnel** (*Eurotúnel* como posible traducción al castellano) al túnel que cruza el Canal de la Mancha, uniendo Francia con Inglaterra. Es una importante infraestructura del transporte internacional. Fue abierto el 6 de mayo de 1994. Su travesía dura aproximadamente 35 minutos entre Calais/Coquelles (Francia) y Folkestone (Reino Unido)

Características técnicas





Corte transversal del túnel

Tiene una longitud de 50 km, 39 de ellos submarinos, siendo así el segundo túnel submarino más largo del mundo, con una profundidad media de 40 metros, detrás del Túnel Seikan cuya longitud es de 53 km. Está formado por tres galerías:

- Dos túneles de 7,6 m de diámetro reservados para el transporte ferroviario, uno de ida y otro de vuelta (A).
- Una galería de servicios de 4,8 m, preparada para la circulación de vehículos eléctricos (B).

Estas tres galerías están unidas cada 375 metros por otras galerías transversales de auxilio y mantenimiento (C) y (D), que permite que haya una corriente de aire para disminuir la presión, evitando así la propagación del humo en caso de incendio, así como la resistencia aerodinámica al paso de los trenes que circulan a 140 km/h.

Construcción

La perforadora del Eurotúnel fue la principal herramienta empleada para su construcción. Fue fabricada por Industrias Pesadas Kawasaki, de Japón. Tenía 8,78 m de diámetro y 350 m de longitud, con un peso de 1.000 toneladas, era verdaderamente un monstruo en aquellos tiempos y nada comparada con la ahora reina de las perforadoras.



El Eurotúnel

Observa la entrada británica al túnel del Canal de la Mancha, en Kent. Este obra submarina mide 50,4 km de longitud y sale a la superficie en Coquelle, cerca de Calais, Francia. Por él circulan cerca de 600 trenes en ambas direcciones cada día y el viaje dura unos 35 minutos. Se transportan mercancías y personas.

David Bowie/Collections

Microsoft ® Encarta ® 2008. © 1993--2007 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

3.2 GENERACION Y ANALISIS DE VARIOS TIPOS DE ESTRUCTURAS¹⁰

Acciones.





Acciones permanentes.

Las acciones permanentes estarán constituidas por los pesos de los distintos elementos que formen la obra. Actuarán, por tanto, en todo momento y serán constantes en su posición y en su magnitud.

Comprenderán el peso propio y las cargas muertas y sus valores se deducirán de las dimensiones reales y pesos específicos correspondientes a los elementos del puente y a los materiales con que están construidos éstos.

Salvo justificación expresa, se tomarán como valores de los pesos específicos más usuales los siguientes.

Peso propio.

El peso propio es el que corresponde a los elementos resistentes del puente.

En ocasiones, los pesos propios que resulten de las dimensiones definitivas de la estructura pueden diferenciarse de los supuestos para el dimensionamiento previo. Si las solicitaciones finales de cálculo no sobrepasan a las obtenidas en el dimensionamiento previo en más de un tres por ciento (3 %), podrá en general prescindirse de un nuevo cálculo. En los casos en que el peso propio sea determinante para el elemento o estructura en cuestión, deberá repetirse el cálculo con las dimensiones definitivas.

Cargas muertas.

Son las debidas a los elementos no resistentes tales como: balasto, traviesas, carriles y pequeño material de vía, encarriladoras, barandillas, rellenos de contrapeso, aparatos de iluminación, etc.

Sobrecargas.

Sobrecargas móviles de uso.

se considerará para cada elemento el tren tipo que dé una sobrecarga más desfavorable entre los que a continuación se indican, correspondientes a circulación por una vía.

TREN TIPO A.- Está constituido por tres ejes de treinta (30) toneladas separados entre sí 1,50 m.(fig. 4.2.1.1.a).

TREN TIPO B.- Esta constituido por una sobrecarga uniforme repartida de doce (12) toneladas por metro, extendida en una longitud de quince (15) o treinta (30) m, seguida

El conjunto de estas dos últimas sobrecargas (de diez o una toneladas por metro) tendrá carácter indefinido en su longitud, y los valores a_i y b_i serán tales que produzcan los efectos más desfavorables.

En todo caso las sobrecargas uniformemente repartidas que se adopten no deben tener solución de continuidad.

Tren de cargas para vía métrica.

Para el cálculo de los puentes de ferrocarril para vía métrica se considerará para cada elemento el tren





tipo que dé una sobrecarga más desfavorable entre los que a continuación se indican, correspondientes a circulación por una vía.

Además del tren tipo que haya de aplicarse en cada caso, se considerarán en los paseos de servicio unas sobrecargas uniformes de 400 kp/m^2 extendidas sobre toda la superficie de aquellos paseos según sea más desfavorable para el elemento en estudio.

TREN TIPO C.- Esta constituido por tres ejes de veintitrés (23) toneladas separados entre sí 1,50 m. (Fig. 4.2.1.2.1).

TREN TIPO D.- Está constituido por una sobrecarga uniformemente repartida de nueve (9) toneladas por metro, extendida en una longitud de quince (15) o treinta (30) m, seguida inmediatamente de otras sobrecargas uniformemente repartidas de siete (7) y una (1) toneladas por metro. (Fig. 4.2.1.2.2.).

El conjunto de estas dos últimas sobrecargas (de siete o una tonelada por metro) tendrá carácter indefinido en su longitud, y los valores a_i y b_i serán tales que produzcan los efectos más desfavorables.

En todo caso las sobrecargas uniformemente repartidas que se adopten no deben tener solución de continuidad.

Reparto local de cargas.

En el caso de puentes con balasto y losa de hormigón podrá suponerse que las cargas de los trenes tipo se reparten uniformemente en una superficie conforme a las indicaciones siguientes:

- a) Como superficie de aplicación de la carga podrá tomarse la correspondiente a la del apoyo del patín del carril.
- b) La transmisión del esfuerzos podrá suponerse que se realiza con la pendiente 1:1 a través del espesor de la traviesa y con la pendiente 1 (vertical) :1 (horizontal) ó 1:1 según sea más desfavorable, a través del espesor del balasto.

Podrá suponerse otro reparto más favorable si las condiciones elásticas del tablero lo permiten y siempre que se justifique debidamente.

Impacto.

Los esfuerzos estáticos calculados aplicando las sobrecargas de los trenes tipo se aumentarán en un tanto por ciento I , definido en la forma siguiente:

1º- Para claros iguales o menores de 6 m:

$$I = 33 \times 10^{-2} \times v$$

Siendo v la velocidad de paso del tren en km/h. En todo caso la validez de aplicación de esta fórmula se circunscribe a los casos en que

$$v < 200 \text{ km/h}$$





Reducción de sobrecargas en puentes de vías múltiples.

Cuando en un puente coexistan varias vías se podrá aplicar la siguiente reducción de sobrecarga:

- Dos de las vías con el total de la sobrecarga.
- Una tercera vía con el 75 %
- Las restantes con el 50 %.

Se combinarán todas las hipótesis precisas para obtener la que resulte más desfavorable a cada elemento del puente.

Frenado y arranque.

Se tendrá en cuenta los efectos de frenado actuando a la altura de las cabezas de los carriles y del sentido de la marcha sobre todos los elementos que constituyen el puente.

Se valorará dicho efecto en $1/8$ del peso del tren tipo.

En los puentes que existan varias vías se aplicarán las siguientes reducciones de éste efecto:

- Una de las vías con la totalidad del esfuerzo.
- Una segunda vía con el 90 %.
- Las restantes con el 70 %.

El efecto de arranque se aplicará en forma análoga al frenado pero en éste caso no se considerará el tren de carga sino tan solo el bloque de carga que corresponde a la máquina (esto es 12 t/m en el caso de vía RENFE y 9 t/m en el caso de vía métrica) por lo cual se efecto es siempre menor o igual que el frenado.

En aquellos puentes donde exista más de una vía se admite la posibilidad de que éste efecto actúe en el mismo sentido.

Fuerza centrífuga.

En obras con vía de planta curva, la fuerza centrífuga se supondrá actuando horizontalmente en un punto situado en la perpendicular al plano de rodadura por el eje de la vía y a 1,80 m de altura, con un valor F_c .

Sobrecargas climáticas.

Viento.

- a) La acción del viento podrá asimilarse, en general, a una carga estática horizontal obtenida según se





indica más adelante.

En aquellos casos en que la acción del viento puede originar fenómenos vibratorios importantes (puentes colgantes, pilones esbeltos de gran altura, etc...) el proyectista justificará los métodos de cálculo y estudios especiales que permitan prever la respuesta de la estructura a estos efectos.

Las normas que se indican a continuación se refieren exclusivamente a puentes cuya altura máxima de rasante sobre el terreno no sea mayor de 100 m o no supere los 80 m. sobre el nivel superior de cimientos. Caso de sobrepasar presiones producidas por el viento, así como los estudios especiales que sea oportuno realizar.

Por otra parte y siempre que esté justificado por estudios, ensayos aerodinámicos o experiencias en obras de idénticas, el proyectista podrá adoptar valores o expresiones distintos de los indicados en ésta Instrucción para tener en cuenta posibles reducciones del empuje del viento por formas aerodinámicas especiales de los posibles de la construcción.

La dirección del viento se escogerá de forma que se obtengan los efectos más desfavorables sobre el elemento en estudio. Como simplificación, será suficiente comprobar la resistencia y estabilidad del mencionado elemento en las hipótesis del viento según dos direcciones perpendiculares normales a los ejes principales de la sección transversal. En cualquier caso, deberá siempre considerarse la hipótesis de viento normal al eje longitudinal del puente.

Hipótesis I. Se tomará el valor máximo de presión debida al viento con una sobrecarga uniforme que no podrá ser inferior a 1,5 t/m.

Hipótesis II. Se tomará un valor máximo de presión de viento equivalente a 130 kp/m² con una sobrecarga uniforme que no podrá ser inferior a 1 t/m.

Sobrecargas del terreno.

El empuje del terreno en magnitud y dirección se determinará de acuerdo con las características del relleno empleado pero en ningún caso será inferior al equivalente del empuje hidrostático de un fluido de peso específico igual a 0,50 t/m³.

Cuando las sobrecargas actúen a una distancia media en horizontal desde la parte superior de la estructura igual o menor a la mitad de su altura, deberá añadirse para el cálculo del empuje una sobrecarga de 3 t/m².

Sobrecargas accidentales. Choques.

Las acciones debidas a choques son de carácter extraordinario, por lo que deberá adoptarse los coeficientes de mayor acción, menor acción, establecidos en las Bases de Cálculo.

Choque de vehículo de carretera contra el puente.

El choque de un vehículo que circule por carretera con un estribo o pila de puente de ferrocarril se asimilará a la actuación de una carga estática cuya resultante se encuentre situada a 1,20 m. sobre la superficie del pavimento e igual en valor a 100 t. en la dirección del tráfico y a 50 t. en





sentido perpendicular a la dirección indicada. Esta carga podrá considerarse aplicada sobre una superficie o zona de choque no mayor de 2 m. de ancho por 2 m. de altura.

No será necesario considerar la actuación simultánea de ambos esfuerzos.

La acción del choque en los elementos no afectados directamente requerirá, en cada caso, el estudio oportuno.

Podrá no considerarse la acción de choque cuando se disponga una protección adecuada o el elemento se encuentre a una distancia del borde de la calzada superior a 10 cm

Choque de embarcaciones contra el puente.

En cada caso concreto se realizarán los estudios precisos para determinar las acciones a que pueda dar lugar la colisión de una embarcación con los elementos de la estructura.

De una forma más precisa, la deformación por fluencia varía a lo largo del tiempo y podrá calcularse según se indica en las Instrucciones correspondiente.

Resistencia de materiales¹¹

La **resistencia de materiales** clásica es una disciplina de la ingeniería mecánica y la ingeniería estructural que estudia los sólidos deformables mediante modelos simplificados. La **resistencia** de un elemento se define como su capacidad para resistir esfuerzos y fuerzas aplicadas sin romperse, adquirir deformaciones permanentes o deteriorarse de algún modo.

Un modelo de resistencia de materiales establece una relación entre las fuerzas aplicadas, también llamadas cargas o acciones, y los esfuerzos y desplazamientos inducidos por ellas. Típicamente las simplificaciones geométricas y las restricciones impuestas sobre el modo de aplicación de las cargas hacen que el campo de deformaciones y tensiones sean sencillos de calcular.

Para el diseño mecánico de elementos con geometrías complicadas la resistencia de materiales suele ser insuficiente y es necesario usar técnicas basadas en la teoría de la elasticidad o la mecánica de sólidos deformables más generales. Esos problemas planteados en términos de tensiones y deformaciones pueden entonces ser resueltos de forma muy aproximada con métodos numéricos como el análisis por elementos finitos.

Enfoque de la resistencia de materiales

La teoría de sólidos deformables requiere generalmente trabajar con tensiones y deformaciones. Estas magnitudes vienen dadas por campos tensoriales definidos sobre dominios tridimensionales que satisfacen complicadas ecuaciones diferenciales. Sin embargo, para ciertas geometrías aproximadamente unidimensionales (vigas, pilares, celosías, arcos, etc.) o bidimensionales (placas y láminas, membranas, etc.) el estudio puede simplificarse y se pueden analizar mediante el cálculo de esfuerzos internos definidos sobre una línea o una superficie en lugar de tensiones definidas sobre un dominio tridimensional. Además las deformaciones pueden determinarse con los esfuerzos internos a través de cierta hipótesis cinemática. En resumen, para esas geometrías todo el estudio puede reducirse al estudio de magnitudes alternativas a deformaciones y tensiones. El esquema teórico de un análisis de





resistencia de materiales comprende:

- **Hipótesis cinemática** establece como serán las deformaciones o el campo de desplazamientos para un determinado tipo de elementos bajo cierto tipo de solicitaciones. Para piezas prismáticas las hipótesis más comunes son la hipótesis de Bernoulli-Navier para la flexión y la hipótesis de Saint-Venant para la torsión.
- **Ecuación constitutiva** que establece una relación entre las deformaciones o desplazamientos deducibles de la hipótesis cinemática y las tensiones asociadas. Estas ecuaciones son casos particulares de las ecuaciones de Lamé-Hooke.
- **Ecuaciones de equivalencia**, son ecuaciones en forma de integral que relacionan las tensiones con los esfuerzos internos.
- **Ecuaciones de equilibrio** que relacionan los esfuerzos internos con las fuerzas exteriores.

En las aplicaciones prácticas el análisis es sencillo, se construye un esquema ideal de cálculo formado por elementos unidimensionales o bidimensionales, y se aplican fórmulas preestablecidas en base al tipo de sollicitación que presentan los elementos. Esas fórmulas preestablecidas que no necesitan ser deducidas para cada caso, se basan en el esquema de cuatro puntos anterior. Más concretamente la resolución práctica de un problema de resistencia de materiales sigue los siguientes pasos:

1. **Cálculo de esfuerzos**, se plantean las ecuaciones de equilibrio y ecuaciones de compatibilidad que sean necesarias para encontrar los esfuerzos internos en función de las fuerzas aplicadas.
2. **Análisis resistente**, se calculan las tensiones a partir de los esfuerzos internos. La relación entre tensiones y deformaciones depende del tipo de sollicitación y de la hipótesis cinemática asociada: flexión de Bernoulli, flexión de Timoshenko, tracción, pandeo, torsión de Coulomb, teoría de Collignon para tensiones cortantes, etc.
3. **Análisis de rigidez**, se calculan los desplazamientos máximos a partir de las fuerzas aplicadas o los esfuerzos internos. Para ello puede recurrirse directamente a la forma de la hipótesis cinemática o bien a la ecuación de la curva elástica, las fórmulas vectoriales de Navier-Bresse o los teoremas de Castigliano.

Hipótesis cinemática

La hipótesis cinemática es una especificación matemática de los desplazamientos de un sólido deformable que permite calcular las deformaciones en función de un conjunto de parámetros incógnita. El concepto se usa especialmente en el cálculo de elementos lineales (e.g. vigas) y elementos bidimensionales, donde gracias a la hipótesis cinemática se pueden obtener relaciones funcionales más simples. Así pues, gracias a la hipótesis cinemática se pueden relacionar los desplazamientos en cualquier punto del sólido deformable de un dominio tridimensional con los desplazamientos especificados sobre un conjunto unidimensional o bidimensional.

Hipótesis cinemática en elementos lineales

La resistencia de materiales propone para elementos lineales o prismas mecánicos, como las vigas y pilares, en las que el desplazamiento de cualquier punto se puede calcular a partir de desplazamientos y giros especificados sobre el eje baricéntrico. Eso significa que por ejemplo para calcular una viga en lugar de especificar los desplazamientos de cualquier punto en función de tres coordenadas, podemos expresarlos como función de una sola coordenada sobre el eje baricéntrico, lo cual conduce a sistemas de ecuaciones diferenciales relativamente simples. Existen diversos tipos de hipótesis cinemáticas según el tipo de sollicitación de la viga o elemento unidimensional:





- **Hipótesis de Navier-Bernouilli**, que se usa para elementos lineales alargados sometidos a flexión cuando las deformaciones por cortante resultan pequeñas.
- **Hipótesis de Timoshenko**, que se usa para los elementos lineales sometidos a flexión en un caso totalmente general ya que no se desprecia la deformación por cortante.
- **Hipótesis de Saint-Venant para la extensión**, usada en piezas con esfuerzo normal para zonas de la viga alejadas de la zona de aplicación de las cargas.
- **Hipótesis de Saint-Venant para la torsión**, se usa para piezas prismáticas sometidas a torsión y en piezas con rigidez torsional grande.
- **Hipótesis de Coulomb**, se usa para piezas prismáticas sometidas a torsión y en piezas con rigidez torsional grande y sección circular o tubular. Esta hipótesis constituye una especialización del caso anterior.

Hipótesis cinemática en elementos superficiales

Para placas y láminas sometidas a flexión se usan dos hipótesis, que se pueden poner en correspondencia con las hipótesis de vigas

- **Hipótesis de Love-Kirchhoff**
- **Hipótesis de Reissner-Mindlin**

Ecuación constitutiva

Las ecuaciones constitutivas de la resistencia de materiales son las que explicitan el comportamiento del material, generalmente se toman como ecuaciones constitutivas las ecuaciones de Lamé-Hooke de la elasticidad lineal. Estas ecuaciones pueden ser especializadas para elementos lineales y superficiales. Para elementos lineales en el cálculo de las secciones, las tensiones sobre cualquier punto (y,z) de la sección puedan escribirse en función de las deformaciones como:

$$\sigma(y, z) = E \varepsilon(y, z)$$

$$\begin{cases} \sigma_{xx} = \sigma & \varepsilon_{xx} = \varepsilon \\ \sigma_{yy} = 0 & \varepsilon_{yy} = -\nu\varepsilon \\ \sigma_{zz} = 0 & \varepsilon_{zz} = -\nu\varepsilon \end{cases}$$

En cambio para elementos superficiales sometidos predominantemente a flexión como las placas la especialización de las ecuaciones de Hooke es:

$$\begin{bmatrix} \sigma_{xx} \\ \sigma_{yy} \\ \sigma_{zz} \end{bmatrix} = \frac{E}{1-\nu^2} \begin{bmatrix} 1 & \nu & 0 \\ \nu & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1-\nu \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_{xx} \\ \varepsilon_{yy} \\ \varepsilon_{zz} \end{bmatrix}$$

Ecuaciones de equivalencia

Las ecuaciones de equivalencia expresan los esfuerzos resultantes a partir de la distribución de tensiones. Gracias a ese cambio es posible escribir ecuaciones de equilibrio que relacionen directamente las fuerzas aplicadas con los esfuerzos internos.





Elementos lineales

En **elementos lineales** rectos las coordenadas cartesianas para representar la geometría y expresar tensiones y esfuerzos, se escogen normalmente con el eje X paralelo al eje baricéntrico de la pieza, y los ejes Y y Z coincidiendo con las direcciones principales de inercia. En ese sistema de coordenadas la relación entre esfuerzo normal (N_x), esfuerzos cortantes (V_y, V_z), el momento torsor (M_x) y los momentos flectores (M_y, M_z) es:

$$\begin{aligned} N_x &= \int_{\Sigma} \sigma_x dydz & V_y &= \int_{\Sigma} \tau_{xy} dydz & V_z &= \int_{\Sigma} \tau_{xz} dydz \\ M_x &= \int_{\Sigma} (-\tau_{xy}z + \tau_{xz}y) dydz & M_y &= \int_{\Sigma} z\sigma_{xx} dydz & M_z &= \int_{\Sigma} -y\sigma_{xx} dydz \end{aligned}$$

Donde las tensiones que aparecen son las componentes del tensor tensión para una pieza prismática:

$$[T]_{xyz} = \begin{bmatrix} \sigma_x & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{xy} & 0 & 0 \\ \tau_{xz} & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Elementos bidimensionales

Para **elementos bidimensionales** es común tomar un sistema de dos coordenadas (cartesiano o curvilíneo) coincidentes con la superficie media, estando la tercera coordenada alineada con el espesor. Para una placa plana de espesor $2t$ y con un sistema de coordenadas en el que el plano XY coincide con su plano medio. Los esfuerzos se componen de 4 esfuerzos de membrana $n_{uu}, n_{uv}, n_{vu}, n_{vv}$ (o esfuerzos axiales por unidad de área), 4 momentos flectores y 2 esfuerzos cortantes. Los esfuerzos de membrana usando un conjunto de coordenadas ortogonales (u, v) sobre una lámina de Reissner-Mindlin:

$$\begin{cases} n_{uu} = \int_{-t}^{+t} \left(1 - \frac{z}{R_u}\right) \sigma_{uu} dz & n_{vu} = \int_{-t}^{+t} \left(1 - \frac{z}{R_v}\right) \sigma_{uv} dz \\ n_{uv} = \int_{-t}^{+t} \left(1 - \frac{z}{R_u}\right) \sigma_{uv} dz & n_{vv} = \int_{-t}^{+t} \left(1 - \frac{z}{R_v}\right) \sigma_{vv} dz \end{cases}$$

Donde R_u, R_v son los radios de curvatura en cada una de las direcciones coordenadas y z es la altura sobre la superficie media de la lámina. Los esfuerzos cortantes y los momentos flectores por unidad de

área vienen dados por:

$$\begin{cases} v_u = \int_{-t}^{+t} \left(1 - \frac{z}{R_u}\right) \sigma_{uz} dz & v_v = \int_{-t}^{+t} \left(1 - \frac{z}{R_v}\right) \sigma_{vz} dz \\ m_{uu} = \int_{-t}^{+t} \left(1 - \frac{z}{R_u}\right) \sigma_{uu} z dz & m_{vu} = \int_{-t}^{+t} \left(1 - \frac{z}{R_v}\right) \sigma_{uv} z dz \\ m_{uv} = \int_{-t}^{+t} \left(1 - \frac{z}{R_u}\right) \sigma_{uv} z dz & m_{vv} = \int_{-t}^{+t} \left(1 - \frac{z}{R_v}\right) \sigma_{vv} z dz \end{cases}$$

El tensor tensión de una lámina general para la que valen las hipótesis de Reissner-Mindlin es:





$$[T]_{uvw} = \begin{bmatrix} \sigma_{uu} & \sigma_{uv} & \sigma_{uz} \\ \sigma_{uv} & \sigma_{vv} & \sigma_{vz} \\ \sigma_{uz} & \sigma_{vz} & 0 \end{bmatrix}$$

Un caso particular de lo anterior lo constituyen las láminas planas cuya deformación se ajusta a la hipótesis de Love-Kirchhoff, caracterizada por que el vector normal a la superficie media deformada coincide con la normal deformada. Esa hipótesis es una muy buena aproximación cuando los esfuerzos cortantes son despreciables y en ese caso los momentos flectores por unidad de área en función de las tensiones vienen dados por:

$$m_x = \int_{-t}^t z \sigma_{xx} dz \quad m_y = \int_{-t}^t z \sigma_{yy} dz \quad m_{yx} = m_{xy} = \int_{-t}^t z \sigma_{xy} dz$$

Donde las tensiones que aparecen son las componentes del tensor tensión para una lámina de Love-Kirchhoff:

$$[T]_{xyz} = \begin{bmatrix} \sigma_{xx} & \sigma_{xy} & 0 \\ \sigma_{xy} & \sigma_{yy} & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Ecuaciones de equilibrio

Las ecuaciones de equilibrio de la resistencia de materiales relacionan los esfuerzos internos con las fuerzas exteriores aplicadas. Las ecuaciones de equilibrio para elementos lineales y elementos bidimensionales son el resultado de escribir las ecuaciones de equilibrio elástico en términos de los esfuerzos en lugar de las tensiones. Las ecuaciones de equilibrio para el campo de tensiones generales de la teoría de la elasticidad lineal:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \sigma_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_{xz}}{\partial z} &= b_x \\ \frac{\partial \sigma_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_{yz}}{\partial z} &= b_y \\ \frac{\partial \sigma_{zx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{zy}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_{zz}}{\partial z} &= b_z \end{aligned}$$

Si en ellas tratamos de substituir las tensiones por los esfuerzos internos llegamos a las ecuaciones de equilibrio de la resistencia de materiales. El procedimiento, que se detalla a continuación, es ligeramente diferente para elementos unidimensionales y bidimensionales.

Ecuaciones de equilibrio en elementos lineales rectos

En una viga recta horizontal, alineada con el eje X, y en la que las cargas son verticales y situadas sobre el plano XY, las ecuaciones de equilibrio relacionan el momento flector (M_z), el esfuerzo cortante (V_y) con la carga vertical (q_y) y tienen la forma:





$$\frac{dM_z}{dx} = V_y \quad \wedge \quad \frac{dV_y}{dx} = -q_y \quad \Rightarrow \quad \frac{d^2 M_z}{dx^2} = -q_y$$

Ecuaciones de equilibrio en elementos planos bidimensionales

Las ecuaciones de equilibrio para elementos bidimensionales (placas) en flexión análogas a las ecuaciones de la sección anterior para elementos lineales (vigas) relacionan los momentos por unidad de ancho (m_x, m_y, m_{xy}), con los esfuerzos cortantes por unidad de ancho (v_x, m_y) y la carga superficial vertical (q_s):

$$\begin{aligned} \frac{\partial m_x}{\partial x} + \frac{\partial m_{xy}}{\partial y} = v_x & \quad \wedge \quad \frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} = -q_s & \Rightarrow & \quad \frac{\partial^2 m_x}{\partial x^2} + 2\frac{\partial^2 m_{xy}}{\partial y \partial x} + \frac{\partial^2 m_y}{\partial y^2} = -q_s \\ \frac{\partial m_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial m_y}{\partial y} = v_y & & & \end{aligned}$$

3.3 DISEÑO EN CONCRETO¹²

El **hormigón**, también denominado **concreto** en algunos países de Iberoamérica (se trata de un calco semántico), resulta de la mezcla de uno o más conglomerantes (generalmente cemento) con áridos (grava, gravilla y arena), agua y, eventualmente, aditivos y adiciones. El cemento se hidrata en contacto con el agua, iniciándose complejas reacciones químicas que derivan en el fraguado y endurecimiento de la mezcla, obteniéndose al final del proceso un material con consistencia pétreo.

La principal característica estructural del hormigón es que resiste muy bien los esfuerzos de compresión. No tiene buen comportamiento a tracción, siendo ésta unas diez veces menor que su resistencia a compresión, por este motivo es habitual usarlo asociado con el acero, recibiendo el nombre de hormigón armado, comportándose el conjunto muy favorablemente tanto a los esfuerzos de compresión como a los de tracción. Cuando se proyecta un elemento de hormigón armado se establecen las dimensiones, el tipo de hormigón y la cantidad y calidad del acero que hay que colocar en función los esfuerzos que deberá resistir.

Los aditivos se utilizan para modificar las características básicas, existiendo una gran variedad de ellos: colorantes, aceleradores, retardadores de fraguado, fluidificantes, impermeabilizantes, etc. Es un material profusamente utilizado en la construcción.

Características físicas

Se indican valores aproximados.

- Densidad: en torno a 2350 kg/m³
- Resistencia a la compresión: de 150 a 500 kg/cm² (15 a 50 MPa) para el hormigón ordinario. Existen hormigones especiales de hasta 2000 kg/cm² (200 MPa).
- Resistencia a la tracción: proporcionalmente baja, generalmente despreciable en el cálculo global, del orden de un décimo de la resistencia a la compresión.
- Tiempo de fraguado: dos horas, aproximadamente, en función de la temperatura y la humedad del ambiente exterior.
- Tiempo de endurecimiento: progresivo, en función de la temperatura, humedad y otros parámetros.





- De 24 a 48 horas, la mitad de la resistencia máxima, en una semana 3/4 partes y en 4 semanas prácticamente la resistencia total.
- Hay que resaltar que el hormigón se dilata y contrae en magnitudes semejantes al acero, pues tienen parecido coeficiente de dilatación, por lo que resulta muy útil su uso simultáneo en la construcción, además el hormigón, recubriéndolo, protege al acero de la oxidación.

Posteriormente se investigó la conveniencia de introducir tensiones en el acero de manera deliberada y previa al fraguado del hormigón de la pieza estructural, desarrollándose las técnicas del hormigón pretensado y el hormigón pos tensado.

Así, introduciendo antes del fraguado alambres de alta resistencia tensados en el hormigón, este queda comprimido al fraguar, con lo cual las tracciones que surgirían para resistir las acciones externas, se convierten en descompresiones de las partes previamente comprimidas, resultando muy ventajoso en muchos casos. Para el pretensado se utilizan aceros de muy alto límite elástico, dado que el fenómeno denominado fluencia lenta anularía las ventajas del pretensado.

Otros tipos de hormigón

Aireado o celular

Se obtiene incorporando a la mezcla aire u otros gases derivados de reacciones químicas, resultando un hormigón de densidad < 1 (lo cual le permite por ejemplo flotar)

El termino celular refiere a que en este tipo de hormigón se procura formar celdas o células (burbujas) de gas independientes, aisladas entre si, que luego del fraguado dejan huecos que al material le proporcionan las varias características especiales de este tipo de hormigón.

Existen distintas técnicas de producción de hormigón celular. Las dos más conocidas son las del hormigón celular autoclavado (curado en autoclave) y las técnicas de mezclado con agentes espumígenos o espumas especiales. En el primer caso las burbujas se generan mediante reacciones químicas que producen gas (utilizando por ejemplo polvo de aluminio incorporado a la mezcla). En el segundo caso las burbujas suelen ser de aire el cual se atrapa primero en una espuma que luego se va incorporando a la mezcla. El hormigón celular 'autoclavado', además es 'curado' a alta temperatura y presión, lo cual genera reacciones químicas adicionales que se traducen en mayor resistencia y menor tiempo de 'curado'.

Los hormigones celulares típicos no contienen áridos granulados. Normalmente contienen áridos muy finos (arena fina) y/o cenizas y en algunos casos incluso se prescinde de los mismos (la mezcla básica es cemento y agua)

El hormigón celular se caracteriza por una resistencia a la compresión muy elevada. La resistencia a compresión del hormigón celular varía en función de la densidad del material, siendo mayor con una densidad elevada. Los ensayos realizados en laboratorio evidencian resistencias mecánicas superiores a las normativas. Las densidades, con estas técnicas, pueden ser: 550 kg/m³ con una resistencia de 5 Mpa, 500 kg/m³ (4Mpa), y hasta 400 kg/m³ (3Mpa). Cuanto menos densidad, mas aislamiento térmico.

Entre las características más destacables e interesantes del hormigón celular se encuentran las siguientes:

— Bajo peso —





- Facilidad para trabajarlo una vez fraguado (por ejemplo ranurarlo para insertar conductos hidráulicos o eléctricos)
- Excelente aislamiento térmico.

Traslúcido

Existe un hormigón translúcido, obtenido por mezcla con plástico o fibra de vidrio. Un modelo a pequeña escala de una capilla con paredes de hormigón translúcido ha sido desarrollado por Will Wittig. Algunas de sus propiedades son:

- Conducen electricidad, además de ser más resistentes y ligeros que los cementos convencionales.
- El hormigón (concreto) translúcido tiene un peso volumétrico máximo de 2.100 kg/m^3 y el gris de 1.950 kg/m^3 , cifras menores a los 2.500 kg/m^3 , que es el peso de los cementos comerciales.
- Permitirá, en el futuro, la construcción de edificios con muros y techos por los cuales puede penetrar la luz.

Microhormigón

Es un hormigón de altas prestaciones en los cuales las partículas del árido no superan los 10 mm. Se utiliza para la fabricación de tejas de hormigón y otros materiales.

- Adquieren 90 por ciento de su resistencia final en menos de siete días, lo cual permitiría un ahorro significativo en la industria de la construcción, pues el tiempo para levantar una edificación disminuiría casi el 60 por ciento.

Permeable

Es un hormigón que utiliza áridos de gran tamaño, lo cual permite que una vez colocado queden huecos entre la pasta y las piedras. Por estos espacios puede escurrir el agua u otros líquidos. Su desarrollo aún está en fase experimental, pero se proyecta su utilización en estacionamientos y pavimentos.

Ciclópeo

El hormigón ciclópeo está constituido por una mezcla de hormigón con una resistencia última a la compresión de 175 kg/cm^2 a los 28 días, a la cual se le agregará hasta el 35% de piedra. Es utilizado principalmente para muros de contención, cimientos corridos y sobre cimientos.

De alta densidad

Los hormigones convencionales tienen una densidad aproximada de entre 2200 y 2500 kg/m^3 . Se denomina hormigón de alta densidad, u hormigón pesado, a aquellos hormigones con una densidad superior a la habitual. Estos hormigones, capaces de alcanzar densidades de más de 6000 kg/m^3 , están fabricados con áridos de densidades superiores a los habituales (normalmente barita, magnetita, hematita...) El hormigón pesado se ha utilizado generalmente para blindar estructuras y proteger frente a la radiación, en centrales nucleares, salas de radiología de hospitales, aceleradores de partículas, etc.



Hormigón armado¹³



Fig. 3.3.1 Armaduras antes del hormigonado.
<http://es.wikipedia.org/wiki/Imagen:Trebar.jpg>

La técnica constructiva del **hormigón armado** consiste en la utilización de hormigón reforzado con barras o mallas de acero, llamadas armaduras. También es posible armarlo con fibras, tales como fibras plásticas, fibra de vidrio, fibras de acero o combinaciones de barras de acero con fibras dependiendo de los requerimientos a los que estará sometido. El hormigón armado es de amplio uso en la construcción siendo utilizado en edificios de todo tipo, caminos, puentes, presas, túneles y obras industriales. La utilización de fibras es muy común en la aplicación de hormigón proyectado, especialmente en túneles y obras civiles en general.



Fig. 3.3.2 construcción de los puentes de concreto Cuauhtémoc y paso del toro (km. 87+036) de la vía del ferrocarril México-Veracruz, tramo Cd. Mendoza-sumidero para PYASA ingenieros civiles, s.a. de C.V., ref.: Ing. Daniel castro nuño.
HTTP://WWW.GOOGLE.COM.MX/SEARCH?SOURCEID=NAVCLII8&RLZ=1T4GGIK_ESMX286MX289&Q=PUENTES+DE+CONCRET+O+PARA+FERROCARRILES

La utilización de acero cumple la misión de resistir los esfuerzos de tracción y cortante a los que está sometida la estructura. El hormigón tiene gran resistencia a la compresión pero su resistencia a la tracción es pequeña.

Existen varias características responsables del éxito del hormigón armado:

- El coeficiente de dilatación del hormigón es similar al del acero, siendo despreciables las tensiones internas por cambios de temperatura.
- Cuando el hormigón fragua se contrae y presiona fuertemente las barras de acero, creando además fuerte adherencia química. Las barras, o fibras, suelen tener resaltes en su superficie, llamadas *corrugas* o *trefilado*, que favorecen la adherencia física con el hormigón.
- Por último, el pH alcalino del cemento produce la pasivación del acero, fenómeno que ayuda a protegerlo de la corrosión.
- El hormigón que rodea a las barras de acero genera un fenómeno de confinamiento que impide su pandeo, optimizando su empleo estructural.

La simple teoría de vigas de Euler-Bernoulli no es adecuada para el cálculo de vigas o pilares de hormigón armado. Los elementos resistentes de hormigón armado presentan un



mecanismo resistente más complejo debido a la concurrencia de dos materiales diferentes, hormigón y acero, con módulos de Young muy diferentes. Las diferentes propiedades mecánicas de hormigón y acero implican que en un elemento de hormigón armado la "matriz de tensiones" de armaduras y hormigón sean diferentes, ese hecho hace que las ecuaciones de equilibrio que enlazan los esfuerzos internos inducidos por las fuerzas y tensiones en hormigón y acero no sean tan simples como las de secciones homogéneas, usadas en la teoría de Euler-Bernoulli.

3.4 DISEÑO EN ACERO¹⁴



Fig. 3.4.1 Puente fabricado en acero
http://es.wikipedia.org/wiki/Imagen:Ludwigshafen_Bruecke.jpg

El acero es la aleación de hierro y carbono, donde el carbono no supera el 2,1% en peso de la composición de la aleación, alcanzando normalmente porcentajes entre el 0,2% y el 0,3%. Porcentajes mayores que el 2% de carbono dan lugar a las fundiciones, aleaciones que al ser quebradizas y no poderse forjar —a diferencia de los aceros—, se moldean.

La definición anterior, sin embargo, se circunscribe a los **aceros al carbono** en los que éste último es el único aleante o los demás presentes lo están en cantidades muy pequeñas pues de hecho existen multitud de tipos de acero con composiciones muy diversas que reciben denominaciones específicas en virtud ya sea de los elementos que predominan en su composición (aceros al silicio), de su susceptibilidad a ciertos tratamientos (aceros de cementación), de alguna característica potenciada (aceros inoxidable) e incluso en función de su uso (aceros estructurales). Usualmente estas aleaciones de hierro se engloban bajo la denominación genérica de **aceros especiales**, razón por la que aquí se ha adoptado la definición de los comunes o "al carbono" que amén de ser los primeros fabricados y los más empleados, sirvieron de base para los demás. Esta gran variedad de aceros llevó a Siemens a definir el acero como «un compuesto de hierro y otra sustancia que incrementa su resistencia».

En muchas regiones del mundo, el acero es de gran importancia para la dinámica de la población, industria y comercio.

Características mecánicas y tecnológicas del acero



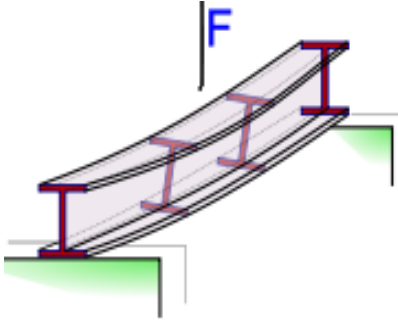


Fig. 3.4.1 Representación de la inestabilidad lateral bajo la acción de una fuerza ejercida sobre una viga de acero.
<http://es.wikipedia.org/wiki/Imagen:StabilityKip.svg>

Aunque es difícil establecer las propiedades físicas y mecánicas del acero debido a que estas varían con los ajustes en su composición y los diversos tratamientos térmicos, químicos o mecánicos, con los que pueden conseguirse aceros con combinaciones de características adecuadas para infinidad de aplicaciones, se pueden citar algunas propiedades genéricas:

- Su densidad media es de 7850 kg/m^3 .
- En función de la temperatura el acero se puede contraer, dilatar o fundir.
- El punto de fusión del acero depende del tipo de aleación. El de su componente principal, el hierro es de alrededor de $1510 \text{ }^\circ\text{C}$, sin embargo el acero presenta frecuentemente temperaturas de fusión de alrededor de $1375 \text{ }^\circ\text{C}$ ($2500 \text{ }^\circ\text{F}$). Por otra parte el acero rápido funde a 1650°C
- Su punto de ebullición es de alrededor de $3000 \text{ }^\circ\text{C}$ (5400°F).
- Es un material muy tenaz, especialmente en alguna de las aleaciones usadas para fabricar herramientas.
- Relativamente dúctil. Con él se obtienen hilos delgados llamados alambres.
- Es maleable. Se pueden obtener láminas delgadas llamadas hojalata. La hojalata es una lamina de acero, de entre $0,5$ y $0,12 \text{ mm}$ de espesor, recubierta, generalmente de forma electrolítica, por estaño.
- Permite una buena mecanización en máquinas herramientas antes de recibir un tratamiento térmico.
- Algunas composiciones y formas del acero mantienen mayor memoria, y se deforman al sobrepasar su límite elástico.
- La dureza de los aceros varía entre la del hierro y la que se puede lograr mediante su aleación u otros procedimientos térmicos o químicos entre los cuales quizá el más conocido sea el templeado del acero, aplicable a aceros con alto contenido en carbono, que permite, cuando es superficial, conservar un núcleo tenaz en la pieza que evite fracturas frágiles. Aceros típicos con un alto grado de dureza superficial son los que se emplean en las herramientas de mecanizado, denominados aceros rápidos que contienen cantidades significativas de cromo, wolframio, molibdeno y vanadio. Los ensayos





- tecnológicos para medir la dureza son Brinell, Vickers y Rockwell, entre otros.
- Se puede soldar con facilidad.
 - La corrosión es la mayor desventaja de los aceros ya que el hierro se oxida con suma facilidad incrementando su volumen y provocando grietas superficiales que posibilitan el progreso de la oxidación hasta que se consume la pieza por completo. Tradicionalmente los aceros se han venido protegiendo mediante tratamientos superficiales diversos. Si bien existen aleaciones con resistencia a la corrosión mejorada como los aceros de construcción «corten» aptos para intemperie (en ciertos ambientes) o los aceros inoxidable.
 - Posee una alta conductividad eléctrica. Aunque depende de su composición es aproximadamente de $3 \cdot 10^6 \text{ S m}^{-1}$. En las líneas aéreas de alta tensión se utilizan con frecuencia conductores de aluminio con alma de acero proporcionando éste último la resistencia mecánica necesaria para incrementar los vanos entre la torres y optimizar el coste de la instalación.
 - Se utiliza para la fabricación de imanes permanentes artificiales, ya que una pieza de acero imantada no pierde su imantación si no se la calienta hasta cierta temperatura. La magnetización artificial se hace por contacto, inducción o mediante procedimientos eléctricos. En lo que respecta al acero inoxidable, al acero inoxidable ferrítico sí se le pega el imán, pero al acero inoxidable austenítico no se le pega el imán debido a que en su composición hay un alto porcentaje de cromo y níquel.
 - Un aumento de la temperatura en un elemento de acero provoca un aumento en la longitud del mismo. Este aumento en la longitud puede valorarse por la expresión: $\delta L = \alpha \delta t^\circ L$, siendo α el coeficiente de dilatación, que para el acero vale aproximadamente $1,2 \cdot 10^{-5}$ (es decir $\alpha = 0,000012$). Si existe libertad de dilatación no se plantean grandes problemas subsidiarios, pero si esta dilatación está impedida en mayor o menor grado por el resto de los componentes de la estructura, aparecen esfuerzos complementarios que hay que tener en cuenta. El acero se dilata y se contrae según un coeficiente de dilatación similar al coeficiente de dilatación del hormigón, por lo que resulta muy útil

su uso simultáneo en la construcción, formando un material compuesto que se denomina hormigón armado. El acero da una falsa sensación de seguridad al ser incombustible, pero sus propiedades mecánicas fundamentales se ven gravemente afectadas por las altas temperaturas que pueden alcanzar los perfiles en el transcurso de un incendio.

Desgaste

Es la degradación física (pérdida o ganancia de material, aparición de grietas, deformación plástica, cambios estructurales como transformación de fase o recristalización, fenómenos de corrosión, etc.) debido al movimiento entre la superficie de un material sólido y uno o varios elementos de contacto. El desgaste sobre una superficie se puede cuantificar midiendo la pérdida de material según su desplazamiento relativo. Existen diferentes tipos de desgaste en dependencia de la situación encontrada. Varios modelos de desgaste incluyen adhesión, abrasión, fatiga y corrosión. El desgaste aumenta cuando existe presión y movimiento entre superficies. Esto es de gran importancia debido a que es un factor determinante en la vida y desempeño de las máquinas que están expuestas a este tipo de deterioro, pudiendo variar los costos de manera verdaderamente significativa. La región más



sensible a las agresiones del entorno es la superficie de un material. En comparación



con otras causas de deterioro de un material, los problemas que afectan a la superficie debido al desgaste requieren un consumo energético mínimo debido a que son sólo los átomos de unas pocas capas superficiales y los enlaces que los unen entre sí, los que deben hacer frente a las fuerzas del entorno. El desgaste metálico es un fenómeno al cual están expuestos los metales, y que involucran el desplazamiento y el arranque de partículas en la superficie del metal, el tema de desgaste es algo complicado de estudiar debido a su complejidad y el número de factores necesarios para describirlo (Lansdown and Price, 1986). Además del efecto que tiene la lubricación en el proceso de desgaste, existen también otros factores muy importantes. Entre los distintos factores se tienen los metalúrgicos, los cuales involucran la dureza, tenacidad, constitución, estructura y composición química. También se tienen los factores operacionales, tales como los materiales en contacto, el modo y tipo de carga, la velocidad, la temperatura, la rugosidad superficial y la distancia recorrida. Por otro lado, se encuentran los factores externos como lo es la corrosión (Lansdown and Price, 1986). Según Lansdown and Price (1986): En general el incremento de la dureza disminuye el desgaste en un metal, pero la relación entre estos dos fenómenos es compleja. En el desgaste abrasivo hay evidencias de que el valor del desgaste en metales comercialmente puros y aceros tratados térmicamente es inversamente proporcional a su dureza. Hay una tendencia general de que cuando se incrementa la carga, se incrementa también el valor del desgaste; se habla también de un punto crítico en la mayoría de los sistemas, en los que más allá de haber un aumento en el valor del desgaste más bien ocurre primero un incremento de la carga. El valor del desgaste puede cambiar considerablemente con el cambio de la velocidad, pero no existe una relación general entre el desgaste y la velocidad. Un incremento en la velocidad puede conducir a un incremento o decremento del desgaste dependiendo del efecto de la temperatura en la superficie del material.

Tratamientos del acero

Tratamientos superficiales

Debido a la facilidad que tiene el acero para oxidarse cuando entra en contacto con la atmósfera o con el agua, es necesario y conveniente proteger la superficie de los componentes de acero para protegerles de la oxidación y corrosión. Muchos tratamientos superficiales están muy relacionados con aspectos embellecedores y decorativos de los metales.

Los tratamientos superficiales más usados son los siguientes:

- Cincado: tratamiento superficial antioxidante por proceso electrolítico al que se somete a diferentes componentes metálicos.
- Cromado: recubrimiento superficial para proteger de la oxidación y embellecer.
- Galvanizado: tratamiento superficial que se da a la chapa de acero.
- Niquelado: baño de níquel con el que se protege un metal de la oxidación.
- Pavonado: tratamiento superficial que se da a piezas pequeñas de acero, como la tornillería.
- Pintura: usado especialmente en estructuras, automóviles, barcos, etc.

Acero laminado

El acero que se utiliza para la construcción de estructuras metálicas y obras públicas, se obtiene a través de la laminación de acero en una serie de perfiles normalizados de acuerdo a las Normas Técnicas de Edificación.



El proceso de laminado consiste en calentar previamente los lingotes de acero fundido a una temperatura que permita la deformación del lingote por un proceso de estiramiento y desbaste que se produce en una cadena de cilindros a presión llamado tren de laminación. Estos cilindros van conformando el perfil deseado hasta conseguir las medidas adecuadas. Las dimensiones del acero que se consigue no tienen tolerancias muy ajustadas y por eso muchas veces a los productos laminados hay que someterlos a fases de mecanizado para ajustar su tolerancia.

Acero corrugado

El **acero corrugado** es una clase de acero laminado usado especialmente en construcción, para armar hormigón armado, y cimentaciones de obra civil y pública, se trata de barras de acero que presentan resaltos o **corrugas** que mejoran la adherencia con el hormigón está dotado de una gran ductilidad, la cual permite que a la hora de cortar y doblar no sufra daños, y tiene una gran soldabilidad, todo ello para que estas operaciones resulten más seguras y con un menor gasto energético.



Fig. 3.4.2 Malla de acero corrugado
http://es.wikipedia.org/wiki/Acero_corrugado

Las barras de acero corrugados se producen en una gama de diámetros que van de 6 a 40 mm, en la que se cita la sección en cm^2 que cada barra tiene así como su peso en kg. Las barras inferiores o iguales a 16 mm de diámetro se pueden suministrar en barras o rollos, para diámetros superiores a 16 siempre se suministran en forma de barras.

Las barras de producto corrugado tienen unas características técnicas que deben cumplir, para asegurar el cálculo correspondiente de las estructuras de hormigón armado. Entre las características técnicas destacan las siguientes, todas ellas se determinan mediante el ensayo de tracción:

- Límite elástico R_e (Mpa)
- Carga unitaria de rotura o resistencia a la tracción R_m (MPa)
- Alargamiento de rotura A_5 (%)
- Alargamiento bajo carga máxima A_{gt} (%)
- Relación entre cargas R_m/R_e

Perfiles de acero

Para su uso en construcción, el acero se distribuye en perfiles metálicos, siendo éstos de diferentes características según su forma y dimensiones y debiéndose usar específicamente para una función concreta, ya sean vigas o pilares. Un tipo de acero laminado que se utiliza para las estructuras de



hormigón armado son barras de diferentes diámetros con unos resaltes, que se llama acero corrugado.

Ensayos mecánicos del acero

Cuando un técnico proyecta una estructura metálica, diseña una herramienta o una máquina, define las calidades y prestaciones que tienen que tener los materiales constituyentes. Como hay muchos tipos de aceros diferentes y, además, se pueden variar sus prestaciones con tratamientos térmicos, se establecen una serie de ensayos mecánicos para verificar principalmente la dureza superficial, la resistencia a los diferentes esfuerzos que pueda estar sometido, el grado de acabado del mecanizado o la presencia de grietas internas en el material.

Hay dos tipos de ensayos, unos que pueden ser destructivos y otros no destructivos.

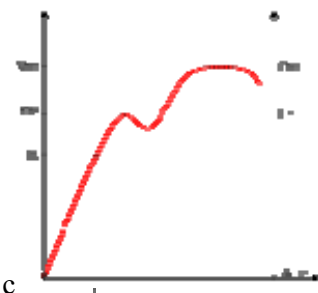
Ensayos no destructivos



Durómetro

Los ensayos no destructivos son los siguientes:

- Ensayo microscópico y rugosidad superficial. Microscopios y rugosímetros.
- Ensayos por ultrasonidos.
- Ensayos por líquidos penetrantes. Ensayos destructivos



Curva del ensayo de tracción

Los ensayos destructivos son los siguientes:

- Ensayo de tracción con probeta normalizada.
- Ensayo de resiliencia.
- Ensayo de compresión con probeta normalizada.



- Ensayo de cizallamiento.
- Ensayo de flexión.
- Ensayo de torsión.
- Ensayo de plegado.
- Ensayo de fatiga.
- Ensayo de dureza (Brinell, Rockwell, Vickers). Mediante durómetros.

Celosía (estructura)¹⁵



Fig. 3.4.3 Puente a base celosías planas en sus caras construido para un antiguo ferrocarril (ahora convertido en puente peatonal)
<http://es.wikipedia.org/wiki/Imagen:RRTrussBridgeSideView.jpg>

En ingeniería estructural, una **celosía** es una estructura reticular de barras rectas interconectadas en nudos formando triángulos planos (retículos planos). El interés de este tipo de estructuras es que las barras trabajan predominantemente a compresión y tracción presentando comparativamente flexiones pequeñas.

Las celosías pueden ser construidas con materiales diversos: acero, madera, aluminio, etc. Las uniones pueden ser articuladas o rígidas. En las celosías de nudos articulados la flexión es despreciable siempre y cuando las cargas que debe soportar la celosía estén aplicadas en los nudos de unión de las barras.

Una **cercha** es una celosía de canto variable a dos aguas.

Celosías planas

Celosías planas estáticamente determinadas

Una celosía se llama estáticamente determinada o totalmente isostática si se aplican sucesivamente las ecuaciones de equilibrio mecánico, primero al conjunto de la estructura, para determinar sus reacciones, y luego a las partes internas, para determinar los esfuerzos sobre cada uno de los elementos que la integran. Estas dos condiciones se llaman:

- **Isostaticidad externa**, cuando es posible calcular las reacciones usando exclusivamente las ecuaciones de la estática. Para que eso suceda el número de grados de libertad eliminados por los anclajes varios de la celosía debe ser a lo sumo de tres, puesto que sólo existen tres ecuaciones independientes de la estática aplicables al conjunto de la estructura.
- **Isostaticidad interna**, cuando es posible determinar los esfuerzos internos de cada una de las barras que forman la estructura, como veremos para que se dé esta condición se requiere una cierta relación entre el número de barras y nudos.

Una celosía plana, sólo puede ser isostática si está formada por nudos articulados y las barras sólo transmiten esfuerzos a otras barras en la dirección de su eje. Eso implica que en una





celosía plana hiperestáticamente determinada el momento flector es nulo en todas las barras de la misma, estando solicitada cada barra sólo axialmente. Como una estructura de barras articuladas sólo puede comportarse rígidamente si cada región mínima encerrada por las barras es triangular, las celosías planas estáticamente determinadas están formadas por barras que forman regiones triangulares adyacentes unas a otras.

Además la condición de estar estáticamente determinada conlleva, como vamos a ver, una relación entre el número de barras y nudos. Llamemos b al número de barras y n al número de nudos. Las condiciones de isostaticidad interna y externa requieren que el número de ecuaciones estáticas linealmente independientes iguale al número de incógnitas:

1. Empecemos contando el número de incógnitas: si la estructura es externamente isostática las reacciones totales dependerán de tres valores incógnita, por otro lado la condición de isostaticidad interna requerirá que determinemos el valor del esfuerzo axial de cada barra. Esto nos da $b+3$ incógnitas.
2. En cuanto al número de ecuaciones de la estática, al no existir momentos flectores y ejercer cada barra sólo esfuerzo según su eje, se puede ver que en cada uno de los n nudos de la estructura las fuerzas verticales y horizontales deben anularse, eso nos da dos ecuaciones por nudo. En total podemos plantear el equilibrio de cada nudo independientemente por lo que el número de ecuaciones totales es de $2n$.

La condición de isostaticidad de la celosía requerirá por tanto $b + 3 = 2n$.

Celosías de nudos rígidos

Una celosía de nudos rígidos es un tipo de estructura hiperestática que geoméricamente puede ser similar a una celosía estáticamente determinada pero estructuralmente tiene barras trabajando en flexión.

Un nudo se llama rígido si una vez deformada la estructura el ángulo formado inicialmente por todas las barras se mantiene a pesar de que globalmente todo el nudo ha podido haber girado un ángulo finito.

Puede probarse que dos celosías de idéntica geometría, siendo los nudos de una rígidos y los de la otra articulados, cumplen que:

1. La celosía de nudos articulados tiene esfuerzos axiales mayores que la de nudos rígidos.
2. La celosía de nudos articulados es más deformable.
3. La celosía de nudos rígidos presenta mayores problemas en el dimensionado de las uniones entre barras.

Celosías planas notables

De acuerdo con el uso y disposición de las cargas conviene una u otra tipología o disposición de montantes verticales y diagonales. Algunas de las tipologías más usadas se conocen por el nombre propio de las personas que las patentaron o estudiaron en detalle por ver primera.



En las celosías horizontales con cargas gravitatorias verticales generalmente el cordón superior (conjunto de barras horizontales o inclinadas situadas más arriba) está sometido a esfuerzos de compresión, mientras que el cordón inferior está sometido a esfuerzos de tracción. En cambio, los montantes y las diagonales presentan más variabilidad. Según la inclinación de las diagonales a uno u otro lado pueden estar todas traccionadas, todas comprimidas, con compresiones y tracciones alternas, o con una distribución de esfuerzos aún más compleja. El esfuerzo de los montantes a su vez suele ser contrario al de las diagonales adyacentes, aunque esto no es una regla general.

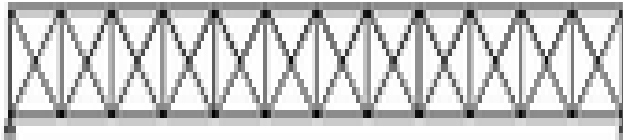


Fig. 3.4.4 Esquema de celosía Long http://es.wikipedia.org/wiki/Imagen:Long_truss.PNG

- Celosía **Long**: Este tipo de celosía debe su nombre a Stephen H. Long (1784-1864), y tiene su origen hacia 1835. Los cordones superior e inferior horizontales se unen mediante montantes verticales todos ellos arriostrados por diagonales dobles.

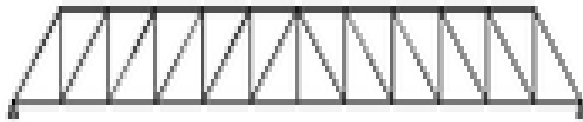


Fig. 3.4.5 Esquema de celosía Howe http://es.wikipedia.org/wiki/Imagen:Howe_truss.PNG

- Celosía **Howe**, fue patentada en 1840 por William Howe, aunque ya había sido usada con anterioridad. Se usó mucho en el diseño de celosías de madera, está compuesta por montantes verticales entre el cordón superior e inferior. Las diagonales se unen en sus extremos donde coincide un montante con el cordón superior o inferior (formando Λ 's). Con esa disposición las diagonales están sometidas a compresión, mientras que los montantes trabajan a tracción.

Esta tipología no constituye un buen diseño si toda la celosía es del mismo material. Históricamente se usó mucho en la construcción de los primeros puentes de ferrocarril. Con la disposición Howe se lograba que los elementos verticales que eran metálicos y más cortos estuviera traccionados, mientras que las diagonales más largas estaban comprimidas, lo cual era económico puesto que los elementos metálicos eran más caros y con la disposición Howe se minimizaba su longitud.



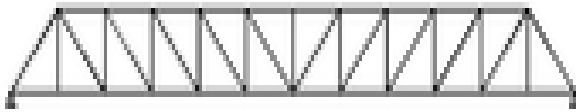


Fig. 3.4.5 Esquema de celosía Pratt
http://es.wikipedia.org/wiki/Imagen:Pratt_truss.PNG



Fig. 3.4.6 El puente del ferrocarril sobre el río Ebro a la altura de Tortosa es principalmente una celosía Pratt con algunas variaciones particulares
http://es.wikipedia.org/wiki/Imagen:Spain_Ebro_river_in_Tortosa.JPG

- Celosía **Pratt**: Originalmente fue diseñada por Thomas y Caleb Pratt en 1844, representa la adaptación de las celosías al uso más generalizado de un nuevo material de construcción de la época: el acero. A diferencia de una celosía Howe, aquí las barras están inclinadas en sentido contrario (ahora forman V's), de manera que las diagonales están sometidas a tracción mientras que las barras verticales están comprimidas.

Eso representa ventajas si toda la celosía es de acero, ya que los elementos traccionados no presentan problemas de pandeo aunque sean largos mientras que los sometidos a compresión sí pueden presentar pandeo, lo que obliga a hacerlos de mayor espesor. Puesto que el efecto del pandeo es proporcional a la longitud de las barras interesa que los elementos más cortos sean los que sufren la compresión. La celosía Pratt puede presentar variaciones, normalmente consistentes en barras suplementarias que van desde las diagonales hasta el cordón superior, dichas barras son usadas para reducir la longitud efectiva de pandeo.

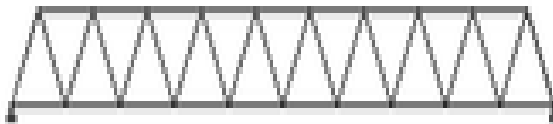


Fig. 3.4.7 Esquema de celosía Warren
http://es.wikipedia.org/wiki/Imagen:Warren_truss.PNG

- La celosía **Warren**, fue patentada por los ingleses James Warren y Willboughby Monzoni en 1848. El rasgo característico de este tipo de celosías es que forman una serie de triángulos isósceles (o equiláteros), de manera que todas las diagonales tienen la misma longitud. Típicamente en una celosía de este tipo y con cargas aplicadas verticales en sus nudos superiores, las diagonales presentan alternativamente compresión y tracción. Esto, que es desfavorable desde el punto de vista resistente, presenta en cambio una ventaja constructiva. Si las cargas son variables sobre la parte superior de la celosía (como por ejemplo en una pasarela) la celosía presenta resistencia similar para diversas configuraciones de carga. Entre las variaciones más comunes está el uso de doble celosía Warren y la inclusión de montantes.



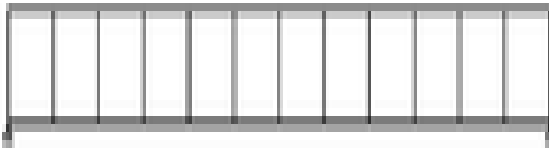


Fig. 3.4.8 Esquema de celosía Vierendeel
http://es.wikipedia.org/wiki/Imagen:Vierendeel_truss.PNG



Fig. 3.4.8 Un puente en Grammene, Bélgica, de celosía Vierendeel reforzada en las uniones.
http://es.wikipedia.org/wiki/Imagen:Grammene-vierendeelbridge_20030618.jpg

- La celosía **Vierendeel**, en honor al ingeniero belga A. Vierendeel, tiene como características principales las uniones obligatoriamente rígidas y la ausencia de diagonales inclinadas. De esta manera, en una celosía Vierendeel, no aparecen formas triangulares como en la mayoría de celosías, sino una serie de marcos rectangulares. Se trata por tanto de una celosía empleada en edificación por el aprovechamiento de sus aperturas.

Las celosías planas, estáticamente determinadas, pueden ser calculadas con suficiente aproximación, sin considerar las deformaciones, usando únicamente ecuaciones de estática. En este tipo de celosías se puede estimar que los nudos son articulados, por lo que no se tiene en cuenta el momento flector, ni el esfuerzo cortante, sólo se considera el esfuerzo axial, constante a lo largo de la barra. Existen diversos métodos basados en aplicar las ecuaciones de la estática de manera eficiente y rápida, para una celosía de n nudos:

- **Método de los nudos**, consistente en estimar que cada uno de los nudos está en equilibrio, lo que implica que la suma vectorial de las fuerzas actuantes sobre cada barra se equilibran. Al existir n nudos es necesario resolver $2n$ ecuaciones lineales.
- **Método de Cremona-Maxwell** es un sencillo método gráfico basado en el método de los nudos, usando una operación de dualidad geométrica, por la cual, a cada estructura reticular se le asigna un diagrama de puntos, en donde cada punto representa una retícula de la estructura, y cada segmento, entre estos puntos dados, representa la magnitud del esfuerzo de la barra situada entre dos retículos. La suma vectorial de las fuerzas actuantes sobre cada barra se equilibra gráficamente.
- **Método matricial** que requiere resolver un sistema de $(2n-3)$ ecuaciones para los desplazamientos desconocidos, a partir del cual se calculan fácilmente las reacciones y los esfuerzos sobre las barras. En general resulta algorítmicamente más trabajoso que los otros dos, pero es fácilmente programable y tiene la gran ventaja de ser extendible casi sin modificaciones a celosías externamente hiperestáticas.
- **Método de Ritter o de las secciones** Este método consiste en realizar cortes en una armadura con el fin de encontrar las fuerzas internas en una armadura, tomando en cuenta la sección cortada en equilibrio y utilizando las 3 ecuaciones de equilibrio determinar las fuerzas internas. Este método únicamente permite realizar un corte en el cual se corten 3 barras (al menos una de las cuales no sea paralela a las otras dos).

3.5 LINEAS DE INFLUENCIA.¹⁶



Considerando la forma en que actúan las cargas en una estructura vemos que se pueden clasificar en cargas permanentes (muertas), cargas no permanentes o vivas y/o cargas de construcción. La carga permanente, como su nombre lo dice, siempre estará presente en la vida útil de la estructura y producirá sobre esta efectos constantes; la carga viva o no permanente fluctúa tanto en posición sobre la estructura como en su duración produciendo efectos variables en ella. Podríamos concluir, de una manera apresurada, que colocando la carga viva sobre toda la estructura produciríamos los efectos máximos en ella, esta afirmación no es cierta y requiere de un estudio más complejo. Un ejemplo simple de este efecto es el de una viga simplemente apoyada con voladizo a un lado. Si la carga viva actúa sobre toda la viga, producirá un momento positivo en la luz menor que si actúa solo en el tramo apoyado; en este ejemplo sencillo nos percatamos de la importancia de saber colocar la carga para que produzca los efectos máximos y así cuando diseñemos no corramos el peligro de que nuestra estructura falle.

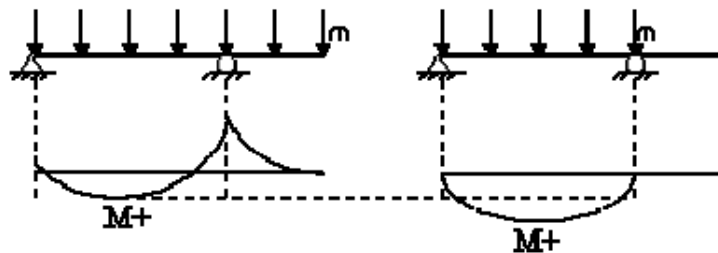


Fig. 3.5.1 Diagrama de momentos

En este capítulo estudiaremos el método de las líneas de influencia para colocar la carga viva o variable de tal manera que produzca efectos máximos de corte, flexión, reacciones y deflexiones tanto para cargas puntuales como para cargas distribuidas. La línea de influencia es un gráfico que define la variación de un esfuerzo (corte, momento flector o toros), reacción o deflexión en un punto fijo de la estructura a medida que se mueve una carga unitaria sobre ella. La línea de influencia es diferente al diagrama de momento o cortante o ala elástica de la viga, estos representan la variación de la función a lo largo de la viga para una serie de cargas definidas y el otro define como varía V , M o δ en un punto específico cuando se mueve una carga unitaria sobre la viga no dando el valor de la función en toda posición. La línea de influencia utiliza una carga unitaria ya que por los conceptos de linealidad, proporcionalidad y superposición se puede determinar la función específica simplemente multiplicando el valor de la línea de influencia por el valor de la carga real.

Este método se utiliza mucho para cargas vivas sobre puentes, puentes grúas, bandas transportadoras y especialmente en aquellas estructuras con cargas móviles.

Determinación de la línea de influencia:

La línea de influencia es una gráfica en la cual las ordenadas representan una fuerza interna o deflexión y la abscisa representa la posición de una carga unitaria. Para su construcción se define el punto de estudio sobre la estructura, se comienza a variar la posición de la carga puntual y se encuentra el valor del esfuerzo interno a medida que se mueve la carga, se puede construir una tabla del valor de la función vs la posición de la carga y después se grafica. Otro método es encontrando la ecuación de la línea de influencia y graficando. Construyamos la línea de influencia para la reacción en A de la siguiente viga:

Se empieza a mover la carga P a diferentes distancias x y para cada distancia se calcula R_A . Otro método es encontrando la ecuación de la variación de la reacción en A medida que se mueve una carga unitaria. Se parte de encontrar esa reacción en función de la posición x de la carga $P=1.0$. Aplicando



ecuaciones de equilibrio o encontrando la reacción por proporciones tenemos:

$$R_A = \frac{P \cdot (L - x)}{L} \quad ; \quad R_B = \frac{P \cdot x}{L}$$

Notemos que la ecuación tiene pendiente negativa y con una variación lineal para RA.

USO DE LAS LINEAS DE INFLUENCIA:

1. Caso de cargas puntuales: Para cualquier carga puntual P se multiplica el valor de la ordenada en el punto x y ese es el valor del corte o del momento o la función graficada. Para encontrar los valores máximos de V o M se debe colocar la carga puntual P en el punto de máxima ordenada.

3.6 CONCRETO PREENFORZADO.¹⁷

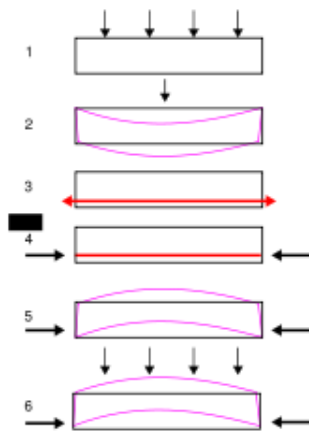


Fig. 3.6.1 Esquema de esfuerzos.

<http://Hormigón pretensado - Wikipedia, la enciclopedia libre.htm>

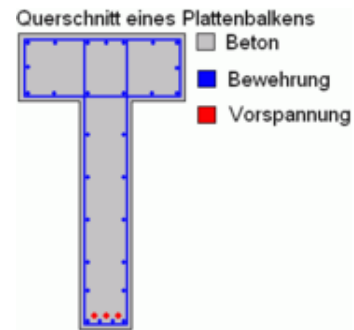


Fig. 3.6.2 Esquema de la sección transversal de una viga donde se aprecia la armadura pasiva (color azul) y la armadura de pretensado (color rojo).

<http://Hormigón pretensado - Wikipedia, la enciclopedia libre.htm>

Se denomina **hormigón pretensado** a un hormigón al que, antes de la puesta en servicio, se le introducen refuerzos mediante cables o alambres de acero. El esfuerzo de pretensado se puede transmitir al hormigón de dos formas: mediante armaduras pretensas (generalmente alambres), método utilizado mayoritariamente en elementos prefabricados; o mediante armaduras postensas (generalmente torones, grupos de cables), método utilizado mayoritariamente en piezas hormigonadas *in situ*. Generalmente el preesfuerzo se induce por medio de cables de acero de alta resistencia, que se tensan y a continuación se anclan. Los torones deben ser capaces de precomprimir el hormigón mediante la adherencia de los mismos con el hormigón, como ocurre en el hormigón pretensado. También se pueden dejar intencionadamente conductos con un perfil predeterminado dentro del elemento para luego pasar cables de acero por los mismos, y posteriormente aplicarles la fuerza de pretensado mediante gatos hidráulicos. Por último, se deben anclar los torones en los extremos. Este procedimiento se conoce como hormigón pos tensado. Normalmente al aplicar esta técnica, se emplea hormigón y acero de altas resistencias para resistir los enormes esfuerzos inducidos.

El principio es el mismo que el aplicado en el hormigón pos tensado. Se trata de lograr que las tracciones que producirían las cargas de servicio se reduzcan a una disminución de la compresión ya



existente en el material, pero se diferencia de aquel en que los cables o alambres son tensados antes del vertido del hormigón fresco.

Por esta razón es un método constructivo que suele reservarse a piezas prefabricadas en instalaciones industriales, tales como columnas, vigas, viguetas, pequeñas losas, etcétera.

Ventajas del hormigón pretensado

La resistencia a la tracción del hormigón convencional es muy inferior a su resistencia a la compresión, del orden de 10 veces menor. Teniendo esto presente, es fácil notar que si deseamos emplear el hormigón en elementos, que bajo cargas de servicio, deban resistir tracciones, es necesario encontrar una forma de suplir esta falta de resistencia a la tracción.

Normalmente la escasa resistencia a la tracción se suple colocando acero de refuerzo en las zonas de los elementos estructurales donde pueden aparecer tracciones. Esto es lo que se conoce como hormigón armado convencional. Esta forma de proporcionar resistencia a la tracción puede garantizar una resistencia adecuada al elemento, pero presenta el inconveniente de no impedir el agrietamiento del hormigón para ciertos niveles de carga.



Fig. 3.6.3 Tubos de
<http://Hormigón pretensado>



3.7 TRABES ARMADAS.¹⁸

Las traves armadas son vigas de acero compuesta que requieren un modulo de sección mayor que el de las vigas simples. Consiste en dos placas pesadas o patines entre las cuales se suelda una placa de alma relativamente delgada. La altura de 20 ft o mayor y los claros de varios cientos de pies no son poco comunes. En puntos de carga o reacción concentrada las traves armadas deben ser usualmente reforzadas por atiesadores de apoyo para distribuir las fuerzas locales concentradas. Los atiesadores intermedios y longitudinales para servir una función muy diferente:

Principalmente incrementa la resistencia al pandeo y mejorar así la efectividad del alma en resistir los esfuerzos cortantes.



Fig. 3.7.1 Trabe armada

<http://lh4.ggpht.com/elmaky74/SACaQMY7NxI/AAAAAAAAAD6g/cImvMN7VnIM/skybridge-02%5B5%5D.jpg>

Los atiesadores longitudinales permiten alturas mucho mayores del alma y claros correspondientes mayores, con claros pequeños, la reducción del espesor requerido para el alma ha resultado también del concepto de campo de tensión. La resistencia posterior al pandeo del alma de la trabe. Las traves armadas son particularmente apropiadas para puentes de gran luz y visión ilimitada y minimizan los problemas de altura libre en intersecciones y en complejos a desnivel de múltiples niveles. Suelen usarse también en varios tipos de edificios y plantas industriales para soportar cargas pesadas. Por ejemplo, el soporte lateral del patín de compresión no puede ser proporcionado, se recomienda el uso de traves armadas en cajones para resistir el pandeo torsional lateral y en resistir cargas laterales. Esto se debe a su mayor resistencia y rigidez en flexión.

Para seleccionar la placa del alma de la trabe implica

1. Escoger una altura para el alma con resistencia suficiente.
2. Escoger el espesor mínimo en términos de la razón permisible altura/espesor.

3.8 PLACAS, SUPERFICIES Y SÓLIDOS.¹⁹

Vías férreas – generalidades

Definición

Un ferrocarril se define como el camino provisto de perfiles paralelos denominados rieles, sobre los que se deslizan una serie de vehículos movidos por tracción eléctrica, motores eléctricos o motores diesel - eléctricos.



Clasificación

En la actualidad no se cuenta con una clasificación unificada de las líneas del ferrocarril, debido a que las mismas presentan una gran variedad en sus características. Tomando en cuenta algunos puntos de vista, se pueden clasificar en:

Líneas principales y secundarias

Las líneas principales son aquellas que forman las grandes líneas troncales, y las líneas secundarias las que complementan la red formada por las anteriores dando así un sistema completo de líneas férreas.

Líneas de vía angosta y vía ancha

Esta clasificación corresponde al nivel de servicio que prestan las líneas férreas, sin tener en cuenta si es una línea principal o secundaria, es decir que una línea principal no necesariamente debe ser de línea ancha o que una secundaria sea de línea angosta, ya que ello dependerá de los aspectos de servicio que son relacionados a la construcción. El ancho de la vía, definida como trocha de vía, es la separación entre rieles, como se muestra en la figura 3.27.

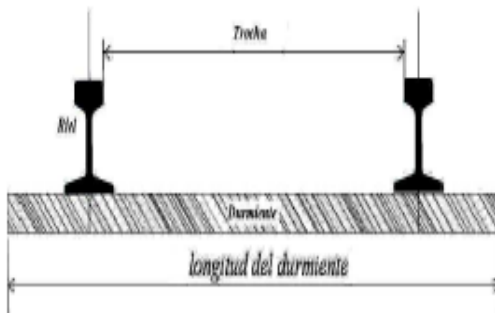


Fig. 3.7.1 Trocha de la vía.

<http://www.umss.edu.bo/epubs/etexts/downloads/26/1.htm>

Líneas de tránsito general, urbanas y sub – urbanas

Esta es una clasificación relativa al servicio público que prestan. Así se tiene que las líneas de tránsito general corresponden al servicio nacional o internacional de larga distancia. Las líneas suburbanas son aquellas que comunican una población con sus zonas de influencia cercanas. Las líneas urbanas son las que prestan servicio dentro de las poblaciones, ya sean estos servicios efectuados sobre la superficie, como los tranvías, subterráneos o elevados, y como los metropolitanos. Existen también líneas de servicio particular que corresponden a las líneas dedicadas exclusivamente al servicio de algunas empresas de carácter privado, tales como las líneas mineras. A pesar que el estudio del trazado geométrico de la vía, no ha sido considerado en el presente tomo, es necesario introducir al menos el análisis del peralte de la vía, como un criterio práctico, ya que al no satisfacer este criterio, no se aseguraría ciertas condiciones en el cálculo de la seguridad, donde este peralte tiene influencia indirecta.

Peralte

Se denomina peralte a la diferencia de cota entre los dos rieles de la vía en curva, para una sección normal al eje de la vía. Se proporciona mediante la elevación gradual del riel exterior



sobre el interior, manteniendo este a su nivel original en la recta. Las principales misiones del peralte son: Producir una mejor distribución de cargas en ambos rieles. Reducir la degradación y desgaste de los rieles y del material rodante. Compensar parcial o totalmente el efecto de la fuerza centrífuga con la consiguiente reducción de sus consecuencias. Proporcionar confort a los viajeros.

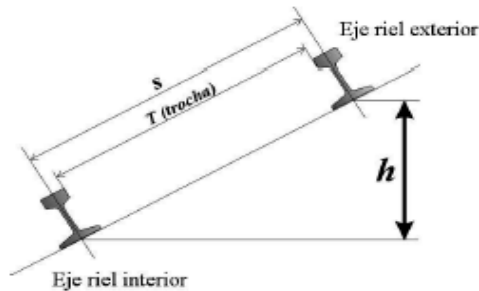


Fig. 3.7.2 Trocha de la vía.

<http://www.umss.edu.bo/epubs/etexts/downloads/26/1.htm>

Peralte teórico

Este peralte debe considerarse solo como teórico, ya que en la práctica el peralte que se puede dar a la vía se encuentra limitado por la coexistencia de trenes rápidos y trenes lentos; en estos últimos, que se encuentran con exceso de peralte, el apoyo de las pestanas con el riel interior, agravado por la resultante de las fuerzas de tracción, origina el desgaste de tales elementos y, sobre todo, aumenta notablemente la resistencia a la rodadura, hasta el punto de hacer difícil el arranque en caso de parada imprevista en curva. Debe observarse que, por efecto del peralte, la presión del vehículo sobre los rieles aumenta.

$$h = \frac{V^2 \cdot s}{127 \cdot R}$$

Superestructura e infraestructura

Como partes esenciales en la constitución del camino de rodadura que se ofrece a los trenes, se consideran la infraestructura y la superestructura. La primera es la parte que da origen a la línea, con sus cortes y terraplenes, viaductos, puentes, alcantarillas, túneles, y en general, con todas las obras de arte y de fábrica necesarias para el establecimiento de la superficie sobre la que se asienta la vía. La superestructura es la vía propiamente dicha, con el balasto, los durmientes, los rieles, los aparatos de vía, y también los elementos precisos para asegurar la circulación de los trenes, como las señales, y enclavamientos.

Riel

A la vía, cuando en España se empezó a tratar de ferrocarriles, se le llamó camino de hierro o riel de hierro. Se daba este nombre de camino, porque el riel es el perfil de hierro que sirve de huella a las ruedas de un carro.

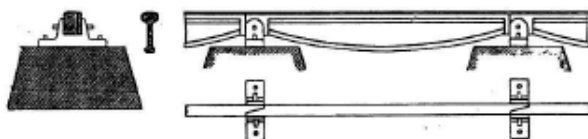


Fig. 3.7.3 Antiguos rieles de vientre de pez, sobre dados de piedra.

<http://www.umss.edu.bo/epubs/etexts/downloads/26/1.htm>

A las barras de hierro se las llamaba riel, tomando del Inglés y del Francés esta palabra, que tiene su



raíz en la latina *regula*, que quiere decir regla. En la actualidad, lo corriente es llamar riel a las barras de acero que se asientan sobre los durmientes. En los primeros ferrocarriles ingleses, la vía estaba constituida por rieles apoyados en dados de piedra. Con el empleo de las locomotoras, los rieles tuvieron su parte inferior en curva, en forma de vientre de pez, como se muestra en la figura 3.7.3. Hacia 1835 se abandonó el sistema de base pétrea, y, en lugar de dados, se utilizaron apoyos metálicos para después empezar a emplear durmientes de madera. Los rieles después de diversas formas en su sección transversal han venido a quedar representadas en dos formas; la de doble cabeza (tipo Stephenson) y la de base plana (tipo Vignol). Los primeros se conocen también por *riel de cojinetes*, como se ilustra en la figura 3.7.4, por que se monta sobre cojinetes, que son los que aseguran su estabilidad; se empleó mucho en el continente europeo. Debido a no estar tan extendido por el mundo como el de base plana, en lo que sigue solo habremos de referirnos rieles tipo Vignol.

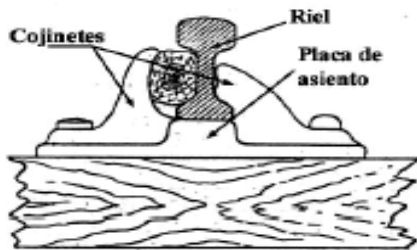


Fig. 3.7.4 Sección del riel y cojinetes.

<http://www.umss.edu.bo/epubs/etexts/downloads/26/1.htm>

El riel que en Europa se conoce por el nombre de Vignol, porque el inglés Carlos Vignoles lo introdujo en el viejo continente, fue ideado por el americano Stevens, uno de los grandes ferroviarios de tiempos pasados. Este tipo de riel tiene tres partes, que son: cabeza, alma y pie. Al pie solemos llamarle patín (Figura 3.7.5).

La cabeza tiene una forma apropiada para que sobre ella se acomoden las ruedas de los vehículos. La cara superior del riel, que es la superficie de rodadura, se ofrece plana o ligeramente abombada, con objeto de hacer frente a los desgastes recíprocos del riel y de la rueda. Los planos inclinados que unen la cabeza al alma además de servir para sostener aquella, sirven de apoyo de las bridas, elementos que unen los rieles consecutivos cuando estos no están soldados. El alma del riel debe tener una altura en relación con el ancho del patín, a fin de resistir lo mejor posible los esfuerzos transversales. Esta relación se acerca cada vez más a la unidad, con esto y con el aumento de ancho del alma se tiende a establecer una proporción entre las masas de la cabeza, alma y patín, como mejor medio de evitar tensiones interiores y de proporcionar al riel mayor estabilidad y resistencia a los esfuerzos que lo solicitan. El patín se une al alma por planos inclinados, sobre los que se apoyan también las bridas de unión de rieles.

El ancho del patín debe ser suficiente para asegurar la estabilidad del riel y para resistir los esfuerzos transversales que tienden a inclinarlo.



Fig. 3.7.5 Sección transversal del riel

<http://www.umss.edu.bo/epubs/etexts/downloads/26/1.htm>

El peso de los rieles, varía en razón del tráfico y de las condiciones de explotación de la línea, como son, la velocidad de los trenes y peso de locomotoras y vehículos. Este peso del riel,





va siendo cada vez mayor, por lo mismo que va siendo mayor la velocidad de los trenes y el peso de locomotoras y vehículos. Por lo general, los países Europeos poseen rieles de pesos elevados debido al alto rendimiento que se espera de ellos, por ejemplo en España los rieles mas pesados, son de 45 Kg/m.

En otros países se emplean rieles mas pesados, como los de 52 y 57 Kg/m, del Estado Belga, y otros que llegan a 60 y 70 Kg/m. En el caso de nuestro país la red ferroviaria esta conformada por rieles de 60, 65 y 75 lb/yd, lo que equivaldría a 30, 32 y 35 Kg/m. Con el peso del riel se aumenta la resistencia de la vía, en la que también influye de modo principal, el número de durmientes y el espesor de la capa de balasto. El procurar un exceso en la masa metálica del riel es también necesario si se tiene en cuenta el desgaste que el uso produce, sobre todo en la cabeza. La circulación de los trenes ocasiona, en efecto, cierto desgaste de la cabeza del riel.

La presión de las ruedas y el roce que ejercen, sobre todo en las curvas; el efecto de las frenadas; los golpes de las ruedas, cuando la vía presenta alguna desigualdad, cosa que mas frecuentemente ocurre en las juntas; los golpes que producen también las ruedas cuando los ejes de los vehículos no están en debidas condiciones o el sobre ancho de la vía es excesivo; la acción de los agentes atmosféricos, y otras causas de menor importancia van reduciendo la altura y el ancho de la cabeza del riel. Naturalmente que estos motivos de desgaste, en su mayoría, crecen al aumentar el número, velocidad y peso de los trenes.

Cuando el desgaste pasa de cierto limite, como 15 o 18 mm para rieles de mediano peso, 20 o 25 para los de gran peso, los rieles deben ser renovados, y como la sustitución aislada de algunos de ellos no es conveniente, se suele hacer la renovación completa, para dejar una nueva vía de rieles homogénea, utilizando el gastado en vías de estaciones o de líneas de menor importancia.

Los rieles tienen longitudes diversas, y se procura que sean las mayores posibles para reducir el número de juntas y hacer mas eficaz la resistencia al deslizamiento longitudinal y a los esfuerzos transversales. Las juntas de los rieles son los puntos débiles y conviene que su número sea el menor posible. El máximo de la longitud viene fijado por la posibilidad del laminado y por la separación entre rieles para el juego de dilatación, separación que no pasa de 20 mm.

Por otra parte, la conveniencia de facilitar el transporte pone también un límite a la longitud de rieles. La longitud se toma usualmente de 12 a 15 m y para los rieles más pesados se emplea de 18 m de largo.

Sujeción del riel

Las sujeciones del riel son elementos que hacen posible la continuidad estructural de la vía. Las funciones de las sujeciones, son: Fijar los rieles a los durmientes Asegurar la invariabilidad del ancho de la vía

Facilitar la transferencia de las cargas estáticas y dinámicas del material Rodante.



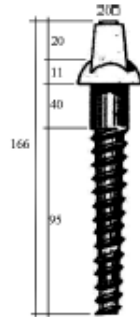


Fig. 3.7.6. Tirafondo

<http://www.umss.edu.bo/epubs/etexts/downloads/26/1.htm>

Un elemento importante de las sujeciones es la placa de asiento, que reduce la presión específica transmitida por el riel protegiendo así al durmiente. Entre los tipos de sujeciones, los más comunes son: Las sujeciones rígidas clásicas, que son elementos clavados, como las escarpas o atornillados como los tirafondos, como se ilustra en la figura 3.7.6. Por uno de sus extremos y por el otro sirve de sujeción sobre el patín del riel.

Clavos elásticos, que combinan la sencillez de los elementos clavados con la ventaja de la elasticidad, incrementando su conservación y facilitando su montaje. Entre este tipo de sujeciones se tiene a Calvos Dorken, T-flex, Elastic flex, J-flex, etc.

Sujeciones elásticas de lamina o grapa, que presenta una chapa de acero elástico, denominado grapa o lamina elástica que es unida a otros elementos como una chapa de gaucha, casquillo aislante de plástico, mediante un tornillo de acero o tirafondo en caso de tener durmiente de madera. Entre los principales tipos de estas sujeciones, están las sujeciones RN, CIL, C4, Heyback , etc.

Sujeciones elásticas de clip, que cuentan con un elemento soporte de diferente forma para poder sujetar el patín del riel. La principal sujeción de este tipo es la Pandrol, como se muestra en la figura 3.7.7. Otros tipos de sujeción son la sujeción de cuna y cojinete, sujeciones elásticas de lamina o grapa, etc.



Fig 3.7.7. Sección transversal del riel

<http://www.umss.edu.bo/epubs/etexts/downloads/26/1.htm>

Juntas de los carriles.

Es la unión longitudinal de dos rieles consecutivos. Se efectúa por medio de piezas denominadas bridas. Las juntas más recomendadas son las que se encuentran suspendidas, es decir, cuando la junta se encuentra entre dos durmientes, esto producen menor desgaste en los extremos del riel ya que se considera como una junta elástica, trabajando a flexión. La función de las bridas es el de unir los extremos de los rieles de manera que sus ejes longitudinales coincidan. Se proyecta la brida de manera que el par de bridas en la junta, produzcan el mismo momento de inercia del riel. Las bridas se fijan entre sí y a los rieles, por medio de tornillos que tienen la cabeza en forma de pico de pato, que no permite el aflojamiento y son asegurados utilizando arandelas elásticas.



Es necesario en las juntas que exista un juego u holgura, para lo cual se puede dividir a las vías en dos:

Junta tipo A

Son las vías en las que se cuenta con sujeciones de gran eficiencia, como los clavos elásticos, sujeciones o grapas elásticas, que vienen provistas con chapas de gauchó, etc. La holgura de las juntas para este tipo de vías esta dada por la ecuación [3.1].

$$J_A = \frac{L_{3rieles}}{3} - \frac{L_{2rieles} - \Delta t}{80}$$

Junta tipo B

Son aquellas vías donde las sujeciones son rígidas y generalmente sin elementos que mejorarían la eficiencia de la sujeción. La holgura esta dada por la ecuación [3.2].

$$J_B = \frac{L_{3rieles}}{2.5} - \frac{L_{2rieles} - \Delta t}{80}$$

Donde:

$L_{2rieles}$ = Longitud de dos rieles [m]

$L_{3rieles}$ = Longitud de tres rieles [m]

Dt = variación de temperatura en grados

J = Holgura de la junta [mm]

Durmientes

Durmientes de madera

Los durmientes que mayormente se emplean son los de madera. Para las vías Bolivianas tenemos en general las siguientes dimensiones 200 cm, y su sección transversal es un rectángulo de base 24 cm y 12 cm de altura. No se precisa, sin embargo, una sección perfectamente escuadrada, sino que la cara inferior sea plana y la superior ofrezca también una superficie plana de al menos 21 cm de ancho, que servirá de asiento para el patín del riel. En la figura 3.7.8 y la tabla 3.2 se tienen los tipos de secciones Transversales y sus dimensiones para durmientes de madera en RENFE.

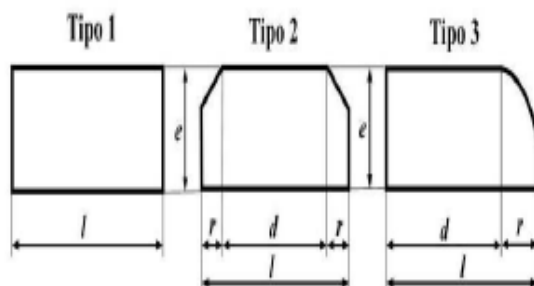


Fig. 3.7.8 Tipos de secciones transversales de durmientes de madera en RENFE.

<http://www.umss.edu.bo/epubs/etexts/downloads/26/1.htm>



Categoría	Tipo 1				Tipo 2				Tipo 3			
	l	e	d	r	l	e	d	r	l	e	d	r
Primera	230	140	0	0	230	140	150	40	240	140	160	80
Segunda	210	130	0	0	210	130	140	35	220	130	150	70
Primera	240	150	0	0	240	150	160	40	245	150	165	80
Segunda	230	140	0	0	230	140	160	35	235	140	165	70

TABLA 3.7.1 Dimensiones de las secciones transversales de los durmientes de madera en [mm]
<http://www.umss.edu.bo/epubs/etexts/downloads/26/1.htm>.

Las maderas más corrientemente empleadas en la fabricación de durmientes son las de quebracho, cuchi, haya, pino, eucalipto. Es de recomendar que, como para cualquier explotación de un bosque, la tala se haga en el momento de paralización de la savia, e igualmente beneficioso es que se sequen bien los durmientes después de obtenido el tronco. El secado resulta necesario para la impregnación a que se las debe someter, porque sin esta operación los durmientes duran mucho menos. Los durmientes, como todas las piezas de madera, se pueden secar al aire, procedimiento natural y primitivo, o por distintos sistemas de estufa, estos son procedimientos en los que se utiliza el fuego para calentar el aire o producir vapor con que se trata a las maderas, reduciendo el tiempo de su desecación. Después de esta previa operación se deberán impregnar de alguna sustancia antiséptica, que generalmente se introduce a presión en la madera. La sustancia que generalmente se emplea es la creosota, obtenida de la destilación del alquitrán de hulla; también se emplea el cloruro de zinc.

El procedimiento de aplicación de la creosota, es el de inyección Ruin, que consiste en someter previamente los durmientes a la presión del aire en un autoclave¹ para abrir los canales de la madera, introduciendo luego la creosota caliente y elevando al doble la presión anterior, para que la creosota penetre en dichos canales. Para el apoyo de los rieles sobre los durmientes, se hacen unas entalladuras, formando como una caja² en la que entra el patín del riel (figura 37.9.), y se da a la superficie de apoyo una cierta inclinación, para que a su vez, la sección del riel no quede completamente vertical, sino con inclinación hacia el interior, inclinación que en casi todos los ferrocarriles viene a ser de 1/20 y 1/40.

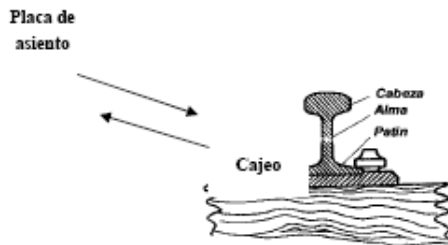


Fig. 3.7.9 Apoyo del riel sobre el durmiente
<http://www.umss.edu.bo/epubs/etexts/downloads/26/1.htm>.

Entre el durmiente y el patín del riel se coloca generalmente una placa metálica, llamada placa de asiento (Fig. 3.7.9.), que tiene por objeto aumentar la superficie de apoyo del riel y también aumentar la resistencia al desplazamiento transversal del riel. Permiten suprimir o reducir la importancia del cajero del durmiente. Los durmientes se asientan sobre el balasto, presionando este bajo ellas con golpes de bate, a lo que se llama el bateado. Para el asiento de la vía se pueden emplear procedimientos mecánicos, por medio de los cuales se efectúan todas o parte de las operaciones: preparación de durmientes, cajero y perforación, bateado, etc. Se ensaya incluso, y a veces se utiliza, el procedimiento de montar la vía fuera de la explanación, y luego trasladar a esta tramos armados con rieles y durmientes.

¹ Autoclave, recipiente metálico de paredes resistentes y cierre hermético que sirve para esterilizar o hervir por medio del vapor a presión.



2 Recibe el nombre de cajeo al procedimiento de crear las entalladuras en los durmientes.



Fig. 3.7.10 Vía férrea para un ferrocarril con durmientes de madera.

<http://www.umss.edu.bo/epubs/etexts/downloads/26/1.htm>.

La distancia entre durmientes es variable. Reduciendo esta distancia y aumentando el número de durmientes se aumenta la fortaleza de la vía. En la figura 3.7.10., se ilustra una vía férrea con durmientes de madera los cuales se encuentran con una separación de 50 cm entre ellos.

Durmientes metálicos y de hormigón.

Hay también durmientes metálicos, huecos, que han dado buenos resultados, a pesar de ello, no se han generalizado mucho, como se ilustra en las figuras 3.7.11. y 3.7.12. Están colocadas hace unos cincuenta años en las líneas del país. El uso esta restringido, ya que allí donde el balasto es de piedra caliza o silícea duran mucho; no así cuando hay carbonilla o tierras con yeso, que atacan al palastro de acero de que están formadas.

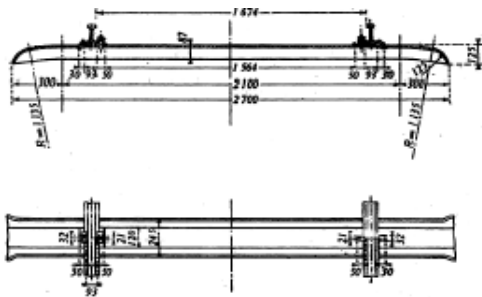


Fig. 3.37 Sección longitudinal y planta de un durmiente metálico.

<http://www.umss.edu.bo/epubs/etexts/downloads/26/1.htm>.

Sus extremos están doblados; de modo que bajo el durmiente queda aprisionado el balasto, el cual sujeta e impide el desplazamiento longitudinal y transversal. Por otra parte la unión del riel al durmiente es también muy fuerte por intermedio de placas de asiento; un tornillo sujeta el riel y la placa al durmiente, aventajando en esto al tirafondo del durmiente de madera.

Al ser mas pesado, el durmiente metálico compite menos con el de madera porque en elasticidad no la iguala, ya que la vía con durmiente metálico resulta mas rígida y desde luego, mas sonora al paso de los trenes. La elasticidad que el balasto y el durmiente de madera proporcionan no se obtiene con el metálico, sin contar con que la conductibilidad de este lo hace impropio en líneas que tengan equipo de señalización con circuito de vía, y aun en las de tracción eléctrica.



Bastantes limitaciones se presentan para el empleo de los durmientes metálicos, por su alto costo de inversión. Estos durmientes son mas bien propios de líneas secundarias, en las cuales, la conservación resulta verdaderamente económica, porque su duración puede ser muy grande, su colocación rápida y su manejo fácil.



Fig. 3.7.12. Riel sobre durmiente metálico.

<http://www.umss.edu.bo/epubs/etexts/downloads/26/1.htm>.

Existen también durmientes de hormigón armado, que empezaron por ser prismáticas y por lo tanto, sumamente pesadas, como se ilustra en la figura 3.7.13. En la figura 3.7.14. se muestra una línea férrea con durmientes de hormigón armado. Después han sido ideados diversos tipos, incluso una combinación de partes metálicas y partes de hormigón.



Fig. 3.7.13. Durmientes de hormigón.

<http://www.umss.edu.bo/epubs/etexts/downloads/26/1.htm>.



Fig. 3.7.14. Durmientes de hormigón.

<http://www.umss.edu.bo/epubs/etexts/downloads/26/1.htm>.

Se ensayan también tipos compuestos de hormigón y madera, como el de la Fig.3.42., propuesto en Inglaterra, y que esta constituido por dos tacos de hormigón armado con metal, unidos por un baloncillo de unos 25 cm de ancho por 6,5 cm de espesor.

Estos durmientes, no se usan en vías comerciales, a pesar que con este tipo se aprovechan las ventajas de la madera y se reduce su consumo, que vendría a ser el principal fin de la fabricación de nuevos tipos de durmientes, ante la escasez cada vez mayor de este material.



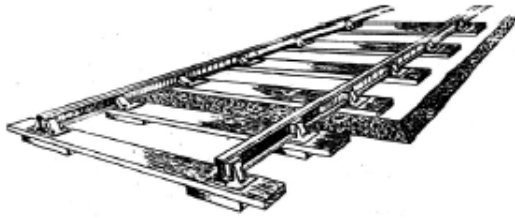


Fig 3.7.15 Vía sobre durmientes mixtos de madera y hormigón.

<http://www.umss.edu.bo/epubs/etexts/downloads/26/1.htm>

Entre otros durmientes mixtos, son frecuentes los de tacos de hormigón, uno por debajo de cada riel, unidos por una barra o angular de hierro. En la figura 3.7.16 se ilustra los durmientes mixtos de hormigón y acero, muy usados en Francia.

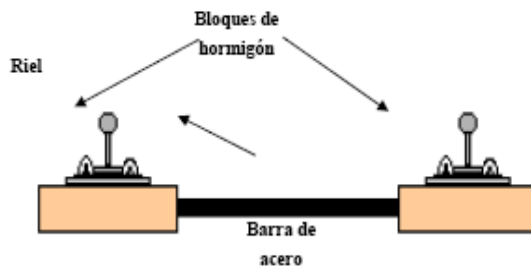


Fig. 3.7.16 Durmientes mixtos

<http://www.umss.edu.bo/epubs/etexts/downloads/26/1.htm>

Riel moderno²⁰



Fig. 3.7.16 Riel moderno.

http://es.wikipedia.org/wiki/VÃ-a_fÃ©rrea

Se denomina **riel**, **carril** o **raíl** a cada una de las barras metálicas sobre las que se desplazan las ruedas de los trenes. Los rieles se disponen como una de las partes fundamentales de las vías férreas y actúan como soporte, dispositivo de guiado y elemento conductor de la corriente eléctrica. La característica técnica más importante del ferrocarril es el contacto de la rueda con pestaña y el riel, siendo sus principales cualidades su material, forma y peso.

Fabricación y montaje





Por la laminación del acero en bruto se obtienen barras con el perfil requerido, que se cortan en tramos de 18 a 288 m. Para realizar el montaje se disponen las barras sobre los durmientes y se unen entre sí mediante eclisas y bulones, sujetándose al durmiente mediante algún sistema de fijación.

También se ajusta la trocha y se alinea y nivela el conjunto. Después es usual, en las vías modernas, quitar las eclisas y bulones para sustituirlas por uniones soldadas. De esta forma se eliminan las juntas, punto en el cual se produce el mayor desgaste.

Perfiles utilizados

En el comienzo del transporte por ferrocarril se utilizaron rieles con dos cabezas, con la intención de que fueran usados nuevamente una vez que la cabeza en servicio llegara a su límite de desgaste. Posteriormente se vio que tal operación no era posible, dado que, al invertir su posición, no resultaban aptos para el tráfico debido al desgaste ocasionado por los durmientes en la superficie de apoyo, y se adoptó el perfil actual, denominado *Vignole*, el cual consta de una cara inferior ancha, destinada al apoyo sobre los durmientes, y una cara superior, más angosta y de mayor altura, destinada a guiar y sostener las ruedas.

En sitios donde coexiste el tránsito carretero con el tráfico ferroviario se debe pavimentar la superficie, siendo usual que se utilicen rieles de tipo *Vignole* modificados mediante una garganta, la cual permite que se desplace por ella la pestaña de las ruedas del material ferroviario, al tiempo que actúa como límite del pavimento.

En grúas es común emplear un perfil específico, denominado *Burdach*, con una forma más achatada y ancha que en el perfil *Vignole*.



Riel antiguo



Riel de garganta



Riel *Burdach*



Rieles *Vignole*

Partes del raíl

- **Cabeza:** Parte superior, que se utiliza como elemento de rodadura.
- **Patín:** Base, de anchura mayor que la cabeza, cuya superficie inferior es plana para su apoyo en la traviesa.
- **Alma:** Parte de pequeño espesor que une la cabeza con el patín.

Tipos

- **Raíl ligero:** Es aquél cuyo peso no excede de los 40 kg por metro lineal. Se usa en líneas por las que circulan trenes sin excesivo peso o que transportan cargas ligeras, y cuya velocidad no es alta. Por ejemplo, en los ferrocarriles mineros o los tranvías.





- **Raíl pesado:** Su peso oscila entre los 40 y los 60 kg por metro lineal. Se utilizan cuando aumentan los requerimientos de velocidad, seguridad y carga máxima a transportar. Principalmente se emplea en ferrocarriles de mercancías o pasajeros y metropolitanos, así como líneas de alta velocidad.

Requisitos que debe cumplir el carril

- Resistir directamente las tensiones que recibe del material rodante y transmitir las, a su vez, a los otros elementos que componen la estructura de la vía.
- Realizar el guiado de las ruedas en su movimiento.
- Servir de conductor de la corriente eléctrica para la señalización y la tracción en las líneas electrificadas.

Cualidades buscadas en los rieles

- La superficie de rodadura debe ser lo más lisa posible para reducir la fricción, pero a la vez, posee rugosidad para mejorar la adherencia rueda carril.
- Características geométricas deben encontrarse dentro del intervalo que delimita una calzada de buena calidad, con elevada rigidez, pero debe absorber la energía en forma de deformación elástica.
- Su peso es deseable para tener elevadas cargas por eje, velocidades y para mantener la seguridad, pero el coste aumenta, aunque también se reducen costes de mantenimiento, mayor duración y menor resistencia al avance de las ruedas. Se suele usar la fórmula de Shajunianz para buscar el peso óptimo del carril.

Características necesarias del perfil

- La cabeza del raíl debe tener un ancho y altura suficiente según las cargas y la pestaña. El contacto en la rodadura no debe ser puntual, repartiendo los esfuerzos para evitar desgastes, para lo que la inclinación de la cabeza es de $1/20$, compromiso entre la circulación en recta y en curva.
- El espesor del alma del raíl debe transmitir las solicitaciones de la cabeza hacia el patín, teniendo en cuenta la corrosión y las solicitaciones transversales.
- La anchura del patín da la rigidez para una repartición correcta de la carga sin volteo del raíl, siendo la relación altura-anchura óptima entre 1,1 y 1,2. La relación espesor/anchura del patín debe ser inferior a 0,075, y el espesor exterior superior a 11 mm para evitar enfriamientos irregulares en caso de soldadura.
- Además, también se requiere un equilibrio térmico entre cabeza y patín para evitar deformaciones o tensiones residuales después de la laminación o soldadura. Esto se logra con una relación cabeza-patín 1:1. También se buscan radios de acuerdo grandes (sin perjudicar el comportamiento de servicio) para evitar concentraciones de tensiones en la laminación del raíl, lo que asegura asimismo una mejor expansión y más regular de la llama de precalentado en las soldaduras. El radio de aristas exteriores será mayor o igual a 3 mm y su ancho inferior a 160. Esta traviesa está formada por dos bloques de hormigón de unos 72 cm de longitud, donde apoyará el carril, unidos por una riostra de hierro en forma de T. Este es el motivo de la *endeblez* y a la poste desuso de esta traviesa.



Sistemas de sujeción

El sistema de sujeción en traviesas bloque RS es muy específico, es decir, no es posible utilizarlo en otro tipo de traviesa. Este se basa fundamentalmente en la forma del tornillo que encaja en una hendidura, llamada chimenea y que a su vez se sujeta en la riostra.

Sistema RN

- Tornillo para RS de 54, tuerca y arandela (específicos)
- Casquillo aislante
- Grapa de sujeción para RS de 54 interior o exterior
- Goma de caucho para RS de 54

Sistema P2



Fig. 3.7.17 Sistema de sujeción P2
http://es.wikipedia.org/wiki/VÃ-a_fÃ©rrea

Sistema de sujeción P2

Se demuestra como un método más eficaz del obsoleto RS. Este sistema cuenta con:

- Tornillo para RS de 54, tuerca y arandela (específicos)
- Grapa de sujeción para RS de 54 interior o exterior
- Goma de caucho para RS de 54

3.9 INTERPRETACION DE RESULTADOS²¹

Prueba de carga

Tipos de pruebas de carga

Se distinguen dos tipos de pruebas de carga en puentes:

- a) De recepción de obra nueva.
- b) De puentes en servicio.

Objeto

En el caso de obra nueva, el objeto de la prueba será verificar la adecuada concepción y ejecución del puente, mediante la evaluación de su comportamiento estructural. Para ello se comparará la respuesta real y la esperada, según el modelo de cálculo empleado para su diseño y comprobación.





En el caso de puentes en servicio, el objeto de la prueba será ampliar el conocimiento del estado de la estructura mediante la evaluación de su comportamiento estructural, bien periódicamente o como consecuencia de inspecciones que así lo aconsejen. Para ello, se obtendrán los desplazamientos y deformaciones en determinados elementos relevantes de la misma, bajo la acción de las cargas de prueba, comparándolas con las obtenidas en pruebas anteriores.

Puentes de nueva construcción

Se realizarán pruebas de carga de recepción, en todos los puentes de nueva construcción en los que alguno de sus vanos tenga una luz igual o superior a 10 m, independientemente de su tipología o material constructivo. Se excluyen los de montera superior a 2,5 m, entendiéndose por tal la distancia vertical entre el punto más alto del tablero, arco, cajón o marco y la base de apoyo del balasto.

Además, el administrador de la infraestructura incluirá en el grupo anterior, aquellos puentes de luz inferior cuya tipología o características especiales lo aconsejen.

Puentes en servicio

Se realizarán pruebas de carga de control de la obra en servicio en todos los puentes de estructura metálica o mixta de luz igual o superior a 10 m, con la periodicidad indicada en el apartado siguiente. Se excluyen los de montera superior a 2,5 m.

En puentes con estructura de hormigón o de fábrica no será necesario realizar pruebas de carga de control de la obra en servicio, salvo como consecuencia de inspecciones principales o especiales o que así lo aconsejen.

Puentes de nueva construcción

En estos puentes se realizará una prueba de carga antes de su puesta en servicio definitiva.

Puentes en servicio

Se realizarán pruebas de carga en todos los puentes en servicio de estructura metálica o mixta, con uniones roblonadas o atornilladas, dentro del año siguiente a aquél en que se cumplan 15 años desde la última prueba de carga. En el caso de uniones soldadas el plazo será de 30 años.

También se realizarán pruebas de carga en puentes en servicio, cuando el resultado de la inspección principal así lo aconseje.

Personal

Las pruebas de carga se llevarán a cabo por un equipo de personal cualificado, al frente del cual estará un Director de la prueba, que deberá ser un técnico titulado con competencia legal para ello y experto en estructuras.

El Director de la prueba estará presente durante todo su desarrollo. Será el responsable de ordenar el comienzo y final de los distintos estados de carga, así como de dar por terminada la prueba cuando lo crea conveniente, o incluso de suspenderla, cuando así lo requiera el comportamiento de la estructura.





Características

Antes de realizar cualquier prueba de carga se hará una inspección del puente.

En los puentes en servicio, deberán determinarse las características físicas y mecánicas de los distintos elementos estructurales en el caso de que no se dispongan.

Previamente a la realización de la prueba de carga, se deberá disponer de un proyecto en el que se recojan todas las especificaciones necesarias para su ejecución, tales como trenes y estados de carga, puntos de instrumentación, medios auxiliares necesarios, valores previstos en los distintos aparatos de medida, criterios de estabilización de las medidas, tratamiento de los valores remanentes, criterios de aceptación de la prueba, material ferroviario a utilizar, etc.

En todos los puentes se realizarán siempre pruebas de carga que reproduzcan los estados de carga más desfavorables. Éstas serán estáticas y dinámicas a distintas velocidades, incluyendo las pruebas de frenado y las casi estáticas a las velocidades mínimas que permitan los trenes de carga.

El tipo de magnitudes a medir durante la prueba, así como el número y la situación de los puntos de medida, serán los adecuados para permitir la correcta evaluación del comportamiento de la estructura en sus diversos estados de carga.

En general, se medirán sistemáticamente flechas y deformaciones unitarias, complementándose en las pruebas dinámicas con medidas de aceleraciones y/o velocidades, así como de flechas y desplazamientos horizontales de los apoyos, en su caso.

Podrán realizarse pruebas simplificadas, con reducción en el nivel de instrumentación o de los estados de carga, en los casos de puentes con gran número de vanos similares o de varias obras iguales e independientes. Se consideran vanos similares, los de idéntica solución estructural y cuyas diferencias de luz no superen el 10 %. También son de aplicación estas pruebas en la comprobación de refuerzos locales.

El diseño de la instrumentación y el planteamiento de la prueba se realizarán de forma que se minimice la influencia de factores externos (temperatura, humedad, etc.), tanto sobre la estructura, como sobre los equipos de medida.

El equipo de medida permitirá el registro automático y continuo de las medidas que se realicen y su visualización en tiempo real, incluyendo la temperatura y la humedad.

El nivel de carga alcanzado durante las pruebas estáticas deberá ser representativo de las acciones de servicio. Para ello, las solicitaciones estáticas obtenidas en las secciones críticas, excepto en puentes de luces menores de 10 m o con una sola vía, pero proyectadas para admitir dos, en las que no sea posible alcanzar estos valores, deberán estar en torno al 60 %, sin superar nunca el 70 %, de los valores estáticos teóricos producidos por el tren de cargas ferroviario del proyecto constructivo. En caso contrario deberá justificarse la representatividad de la prueba.

Durante la prueba se inspeccionará el comportamiento de los elementos relevantes del puente, realizando una inspección completa al final de ésta. En estructuras de hormigón se controlará cualquier





proceso de fisuración previo o sobrevenido durante la prueba.

Pruebas estáticas

En primer lugar, y una vez aplicados los criterios de estabilización de las medidas al final de cada escalón de carga y de descarga, se comprobará que los valores remanentes en cada estadio cumplen con los criterios del proyecto de la prueba. En cualquier caso, dichos valores, expresados en forma de porcentaje respecto a los máximos medidos en el escalón, cumplirán lo siguiente:

- a) Puentes de hormigón armado: menor de 20 %.
- b) Puentes de hormigón pretensado y mixtos: menor de 15 %.
- c) Puentes metálicos: menor de 10 %.

En segundo lugar, se verificará que el porcentaje entre las flechas máximas obtenidas y las previstas en el proyecto de prueba de carga es:

- a) Mayor de 60 %.
- b) Menor de:
 - 115 % en puentes de hormigón armado o mixto.
 - 110 % en puentes de hormigón pretensado o metálico.

Si se cumplen todas las exigencias anteriores, se considera que los resultados de la prueba son satisfactorios, y por tanto es válida. En caso contrario, se determinarán las causas en el correspondiente informe de la prueba, analizando si se justifica el resultado, de cara a la validez o no de la prueba.

En el caso de prueba simplificada en un vano, ésta se considerará válida, si los resultados obtenidos en éste, no se desvían más de un 10 % de los medidos en el vano al cual se hayan asimilado, una vez afectados estos últimos por la corrección debida a la diferencia de luces.

Pruebas dinámicas

En este tipo de pruebas se deberá realizar una interpretación de los resultados en consonancia con los trenes de carga y velocidades empleadas en las pruebas.

Las magnitudes a evaluar serán la frecuencia principal de vibración o, en su defecto, la correspondiente al modo excitado durante la prueba, su amplitud, el amortiguamiento, el coeficiente de amplificación dinámica o de impacto, las aceleraciones verticales en el centro de vano y los desplazamientos horizontales de apoyos, en su caso.

Informe de resultados

El Director de la prueba elaborará un informe con los resultados de la misma, en el que se recogerá información sobre: fecha de realización, trenes de carga empleados, estados de carga, situación y tipología de los puntos de medida, información sobre el desarrollo e incidencias durante la prueba, registros de las magnitudes medidas y comparación con los valores previstos, valoración del cumplimiento de los criterios de aceptación y cualquier otro aspecto que se considere de interés.





Dicho informe deberá recoger también una evaluación de la aptitud del puente para el servicio, en función del estado y comportamiento estructural (tenso-deformacional, fisuración, etc.) de sus elementos relevantes, aparatos de apoyo, equipamiento, etc.

Desde el punto de vista exclusivo del comportamiento estructural, para evaluar la aptitud para el servicio en los puentes metálicos calculados antes de la entrada en vigor de la «Instrucción relativa a las acciones a considerar en el proyecto de puentes de ferrocarril» de 1975, así como para determinar, en su caso, los plazos para su reparación o refuerzo, deberán utilizarse los siguientes criterios:

- a) Si en todas las secciones, el cociente entre el valor del límite elástico y las tensiones obtenidas extrapolando los resultados de la prueba a las máximas sobrecargas verticales de explotación habituales de la línea es superior a 1,45, el puente es apto para el servicio.
- b) Cuando el cociente anterior esté comprendido entre 1,30 y 1,45, las actuaciones de reparación o de refuerzo deberán estar finalizadas en un plazo máximo de cuatro años a partir de la fecha de la prueba de carga, salvo que, debido a la gravedad de aquéllas, se hubiera fijado un plazo inferior.
- c) Cuando el cociente sea inferior a 1,30, las actuaciones de reparación o de refuerzo se acometerán inmediatamente, imponiéndose mientras tanto las limitaciones de carga o de velocidad necesarias para alcanzar, como mínimo, un valor de 1,30.

Cuando la aparición de un cociente inferior a 1,30 se produzca en secciones próximas a los nudos, donde los momentos secundarios tengan especial relevancia, y siempre que dichos elementos no presenten daños visibles, se permitirá acometer las reparaciones y actuaciones de refuerzo en el mismo plazo que en el apartado b), siempre que se mantenga mientras tanto una adecuada vigilancia que permita detectar cualquier variación.





BIBLIOGRAFIA

1. Alfonso Rico Rodríguez, Hermilo del Castillo (1993). *La Ingeniería de suelos en las vías terrestres*. Limusa Noriega, México, tomo I, pag. 231.
2. Carlos Crespo, Carlos Crespo Villalaz (1996), *Vías de comunicación: Caminos, Ferrocarriles, Aeropuertos, puentes y puertos*, Limusa Noriega Editores, México, Página 151.
3. Paul Galabru (1974), *Cimentaciones y túneles, publicado por reverté*, España, Pag. 290
4. . Obtenido de "http://es.wikipedia.org/wiki/Resistencia_de_materiales" Fuentes (Timoshenko S., *Strength of Materials*, 3rd edition, Krieger Publishing Company, 1976, Den Hartog, Jacob P., *Strength of Materials*, Dover Publications, Inc., 1961, Popov, Egor P., *Engineering Mechanics of Solids*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, N. J., 1990, Monleón Cremades, Salvador, *Análisis de vigas, arcos, placas y láminas*, Universidad Politécnica de Valencia, 1999).
5. Obtenido de <http://es.wikipedia.org/wiki/Acero> Fuente (Millán Gómez, Simón (2006), *Procedimientos de Mecanizado*, Madrid: Editorial Paraninfo, Sandvik Coromant (2006), *Guía Técnica de Mecanizado*, AB Sandvik Coromant, Larbáburu Arriabalaga, Nicolás (2004), *Máquinas. Prontuario. Técnicas máquinas herramientas.*, Madrid: Thomson Editores, Varios autores (1984), *Enciclopedia de Ciencia y Técnica*, Salvat Editores S.A., Luis Colasante (2006), *L'étude des superficies de l'acier inoxydable austénitique après une déformation plastique et un procédé d'abrasion.*, Venezuela, merida: universidad de Los Andes).







4.- SEÑALIZACION



SEÑALIZACIÓN

4.1. SEÑALIZACIÓN FERROVIARIA.¹

Se conoce como *señales ferroviarias*, al conjunto de aparatos y signos claros y precisos, que tienen por objeto controlar, asegurar y proteger el movimiento de trenes, hacer conocer al personal las previsiones y el estado de la línea, a fin de garantizar que el tráfico sea satisfactorio y sin riesgos. Pueden ser eléctricas o mecánicas.



Figura 4.1.1 En la imagen se muestran las señales del tipo semáforo²

Algunas redes o compañías ferroviarias han optado por la combinación de las señales para dar mensajes más concretos y específicos, a modo de ejemplo, podemos encontrar una señal en rojo que nos obliga a detenernos pero si esta va acompañada de una luz blanca, podríamos reanudar la marcha pasado un minuto.



Figura 4.1.2 Señal tipo pantalla junto con señales luminosas³

¹ wikipedia.org/wiki/Señales_de_ferrocarril

² www.guiadeprensa.com/.../alcatel.jpg

³ www.todotrenes.com.ar/trenes/arga_2.jpg



El diseño y especificación de un proyecto de señalización dependerá de diversos factores:

- Características del trazado de la vía
- Naturaleza del transporte que se efectúa por estas líneas (pasajeros, carga, etc.)
- Densidad del tráfico
- Velocidad de proyecto

4.1.2. LADO NORMAL DE INSTALACIÓN Y PRESENTACIÓN DE LAS SEÑALES.⁴

Las señales fijas están instaladas a la derecha de la vía en el sentido de la marcha, o encima, y normalmente, sólo dan indicaciones a los Maquinistas que circulen por ella.

En vía doble, con circulación por la izquierda, están instaladas a la izquierda o encima.

En vía doble banalizada están instaladas en el lado exterior de la vía, para los dos sentidos de circulación, y los Maquinistas las encontrarán a la derecha o a la izquierda de la vía por la que circulen.

En circunstancias especiales, una señal podrá dar indicaciones a más de una vía, con un máximo de tres, y se conocerán las vías afectadas, por flechas orientadas hacia cada una de ellas.

También podrá indicarse por la orientación de una sola flecha la vía a la que dan sus indicaciones las señales instaladas en el lugar que pueda ofrecer duda, o cuando la señal, sólo de indicaciones a los Maquinistas que circulen por la vía normal.



Figura 4.1.3 Señal luminosa colocada del lado derecho de la vía⁵

⁴ www.todotrenes.com

⁵ farm2.static.flickr.com/1438/1251152791_4f79c...



4.1.3. DIMENSIONES Y CARACTERÍSTICAS DE LAS SEÑALES.

Las señales fijas tendrán las dimensiones y características determinadas en las normas técnicas correspondientes de cada país y se mantendrán en las condiciones de conservación y limpieza que exige su función.

4.1.4. SEÑALES FIJAS.⁶

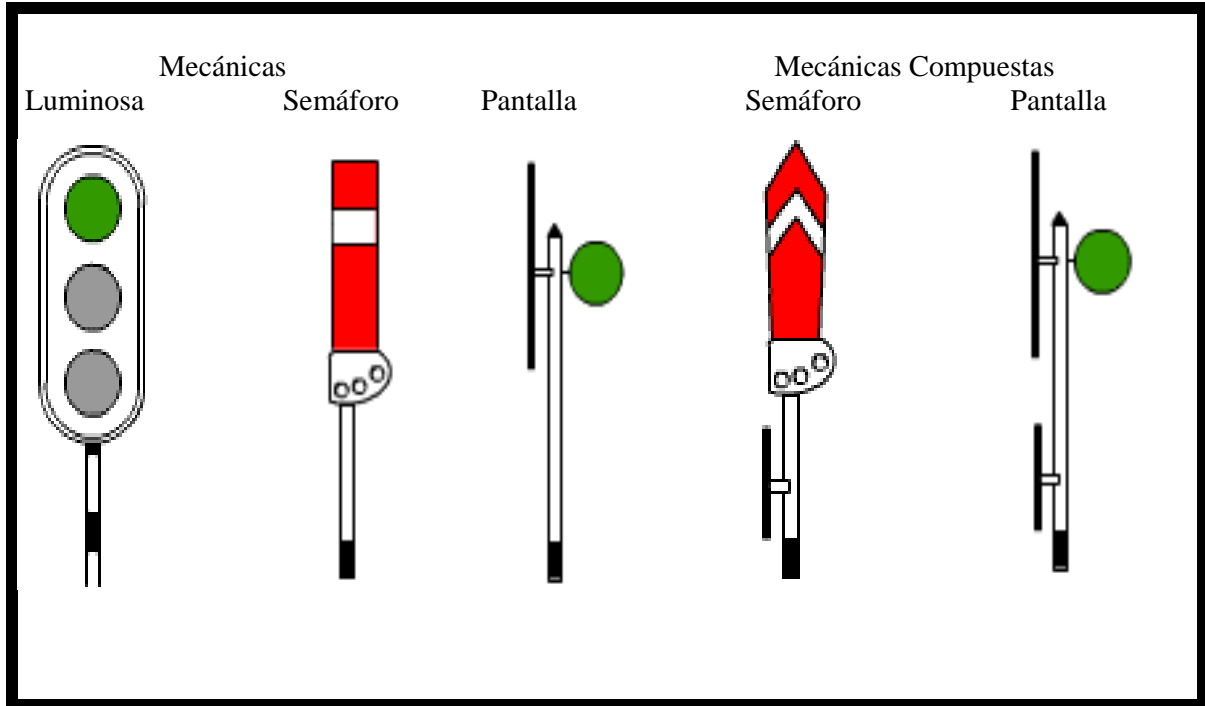
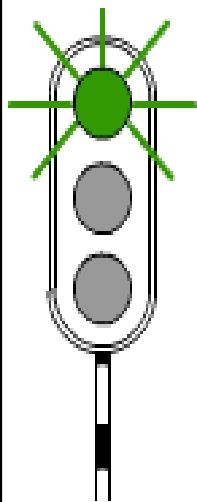


Figura 4.1.4 Todas estas señales ordenan al maquinista circular normalmente si nada se opone

4.1.5. VÍA LIBRE CONDICIONAL.



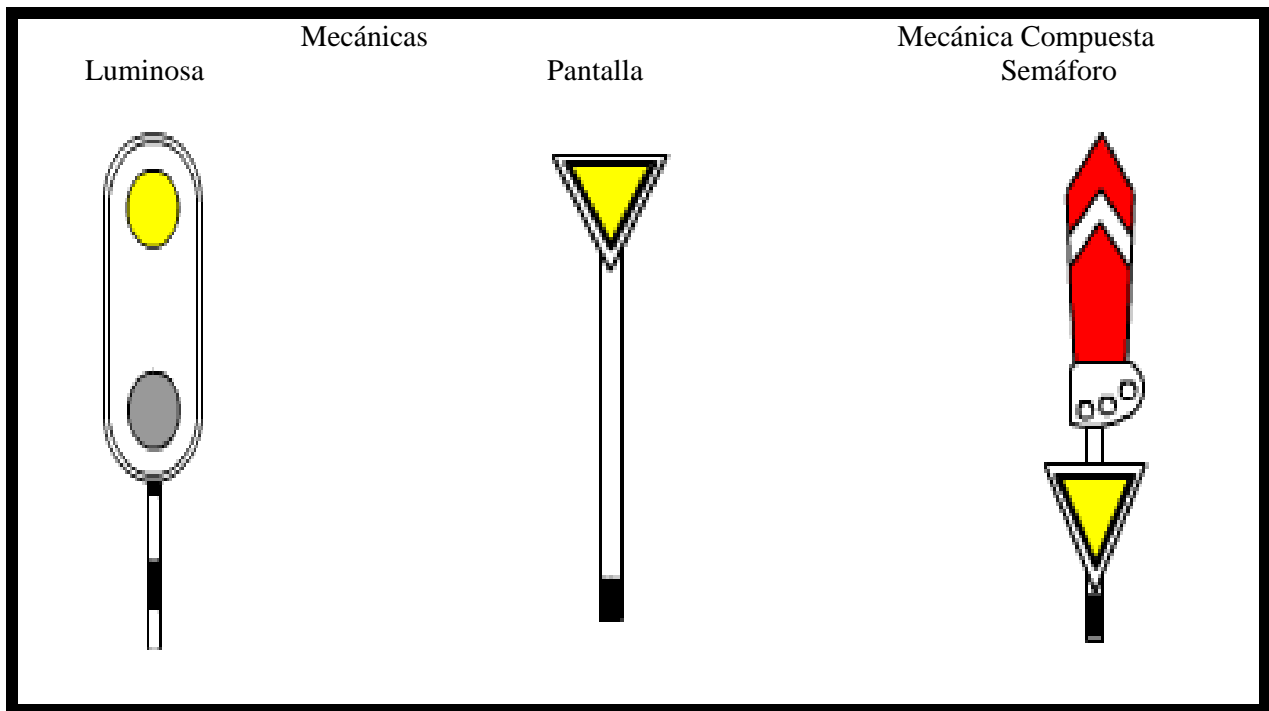
Esta señal ordena al maquinista no exceder de 160 Km. /hr al pasar por la señal siguiente, salvo que ésta ordene vía libre.

Figura 4.1.5 Señal luminosa, la luz verde indica vía libre

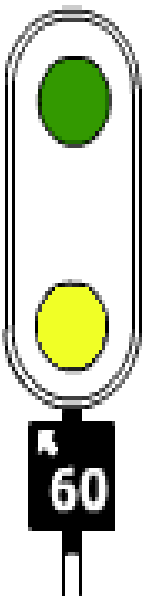
⁶ www.todotrenes.com



4.1.6. ANUNCIO DE PRECAUCIÓN.⁷



*Figura 4.1.6 Ordena al Maquinista no exceder de 30 km/hr al pasar por:
Las agujas de entrada, si el anuncio de precaución se presenta en la señal avanzada.
Las agujas de salida, si el anuncio de precaución se presenta en la señal de entrada.*



Cuando la señal presente el aspecto de la figura del lado izquierdo, ordena al Maquinista no exceder la velocidad que indica el número de la pantalla.

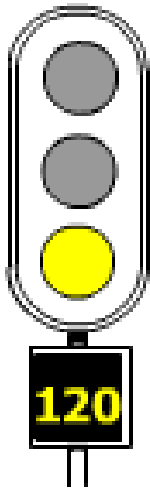
La flecha indica la dirección del desvío, a la derecha o izquierda, según la situación de la pantalla.

Figura 4.1.7 Señal luminosa de anuncio de parada, el número en la pantalla es la velocidad en km/hr, La flecha indica la dirección del desvío, a la derecha o izquierda, según la situación de la pantalla.

⁷ www.todotrenes.com



4.1.7. PARADA.⁸



Ordena al Maquinista no exceder la velocidad que indica el número de la pantalla, al pasar por la señal siguiente, salvo que ésta ordene vía libre, vía libre condicional o preanuncio de parada.

Figura 4.1.8 Señal luminosa de preanuncio de parada, el numero en el tablero indica la velocidad en Km /hr

4.1.8. ANUNCIO DE PARADA.

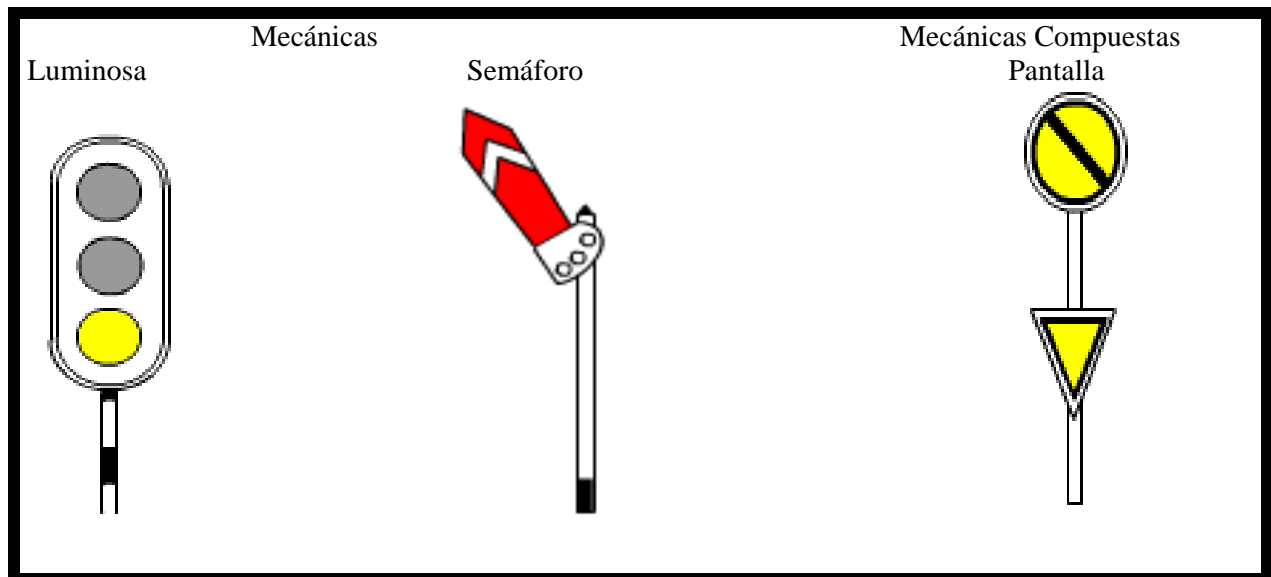
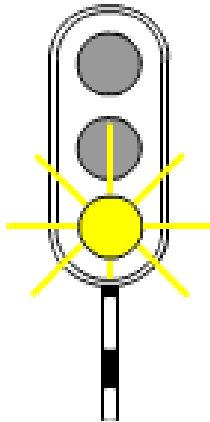


Figura 4.1.9 Ordenan al maquinista ponerse en condiciones de parar ante la siguiente señal

⁸ www.todotrenes.com



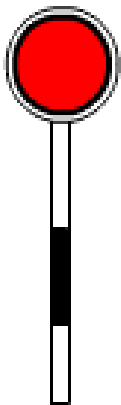
4.1.9. ANUNCIO DE PARADA INMEDIATA.⁹



Ordena al Maquinista ponerse en condiciones de parar ante la señal siguiente o final de vía, situada a corta distancia.

Figura 4.1.10 Señal luminosa de parada, la luz amarilla indica parar

4.1.10. PARADA DIFERIDA.



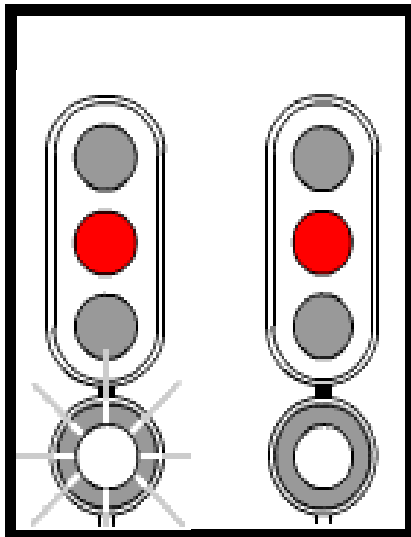
Protege a distancia las estaciones sin señal de entrada.
Ordena al maquinista ponerse en condiciones de parar ante el poste de punto protegido y, si nada se opone, circular desde el mismo con marcha de maniobras, parando ante la primera aguja.

Figura 4.1.11 Mecánicas de Pantalla la pintura debe ser reflejante en la oscuridad

⁹ www.todotrenes.com



4.1.11. REBASE AUTORIZADO.



Ordena al maquinista:

De un tren en la entrada de las estaciones.

Parar ante la señal y reanudar la marcha seguidamente, si nada se opone, con marcha de maniobras hasta el punto de estacionamiento o hasta la señal siguiente. Cuando la señal presente el aspecto de la figura 4.1.22 procederá de igual forma, pero no efectuará parada.

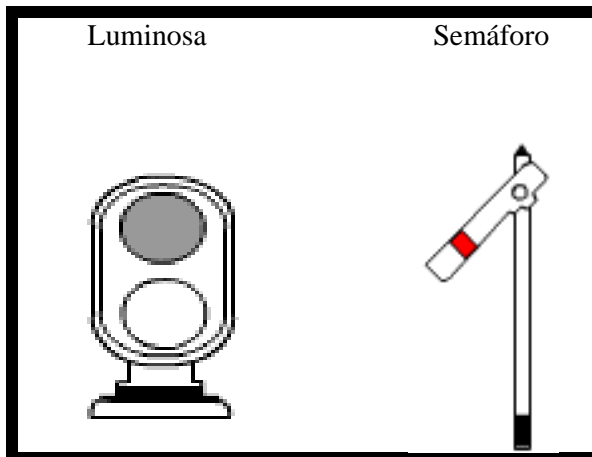
De un tren en el interior de las estaciones.

Continuar con marcha de maniobras hasta la señal siguiente o hasta el piquete de la vía de estacionamiento. Cuando se trate de la salida o paso de un tren, sin existir señales de salida, la marcha de maniobras será hasta rebasar las agujas de salida.

Figura 4.1.12 Señales luminosas

de rebase autorizado

4.1.12. MOVIMIENTO AUTORIZADO.



Ordena al maquinista:

De un tren parado ante la señal.

Emprender la marcha de maniobras hasta la señal siguiente, ateniéndose a lo que ésta ordene.

En determinadas estaciones se precisa, además, la señal de marche el tren.

De un tren en movimiento.

Continuar normalmente si nada se opone.

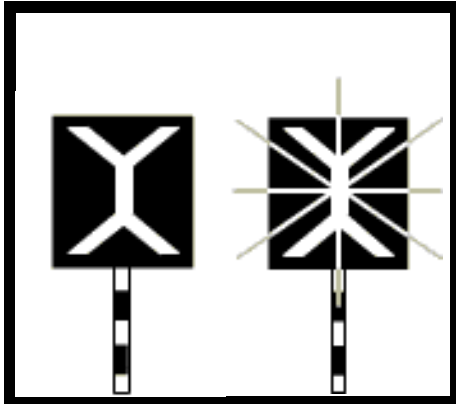
De una maniobra.

Circular cuando lo ordene el agente encargado de la misma pero no a marchar hasta la estación siguiente.

Figura 4.1.13 Señales que indican movimiento autorizado de diferentes tipos



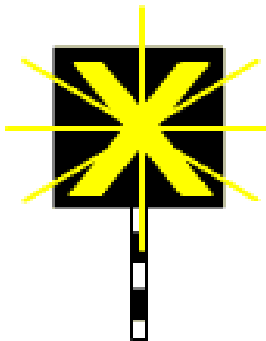
4.1.13. PASO A NIVEL PROTEGIDO.¹⁰



Ordena al maquinista, con luz blanca fija, a circular normalmente por el o los PN¹¹ si nada se opone. Con luz blanca a destellos, ordena al maquinista a circular normalmente pero deberá informar de esta circunstancia por radiotelefonía al jefe de circulación de la primera estación donde efectúe parada

Figura 4.1.14 Señales luminosas

4.1.14. PASO A NIVEL SIN PROTECCIÓN.



Ordena al maquinista ponerse en condiciones de parar ante el o los PN, sin rebasarlos hasta que se hayan adoptado las medidas de seguridad suficientes, a la vista de las circunstancias. En ningún caso reanudará la marcha normal hasta que el tren se encuentre a la altura del PN.

Informará de ésta circunstancia al jefe de circulación en la primera estación abierta. Cuando la señal esté apagada se procederá de la misma forma.

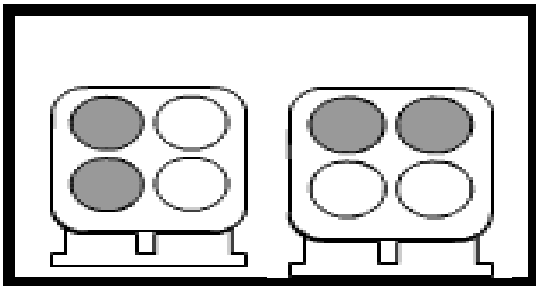
Figura 4.1.15 Señal luminosa de paso a nivel sin protección

¹⁰ www.todotrenes.com

¹¹ Un Paso a nivel (P.N.) es el lugar en el que una *vía férrea* y una carretera o camino se cruzan al mismo nivel



4.1.15. INDICADORAS DE ENTRADA.¹²



Se instala a continuación de la señal de entrada de algunas estaciones.

*Figura 4.1.16 señales luminosas, Cuando la señal presente el aspecto de la figura izquierda, Indica al maquinista que el itinerario está establecido por la vía directa
Cuando la señal presente el aspecto de la figura derecha, indica al maquinista que el itinerario está establecido por la vía desviada.*

4.1.16. INDICADORA DE SALIDA.



Figura 4.1.17 Luminosa, se instala cuando no sea visible la señal de salida desde el punto normal de estacionamiento de trenes de corta longitud.

Ordena al Maquinista:

De un tren parado ante la señal.

Emprender la marcha si nada se opone, hasta la señal de salida, ateniéndose a lo que ésta ordene.

De un tren en movimiento.

Circular normalmente, si nada se opone.

Cuando la señal está apagada, ordena al Maquinista:

De un tren parado ante la señal.

Ponerse en comunicación con el agente que tenga a su cargo la señal de salida y atenerse a lo que éste ordene.

De un tren en movimiento.

Circular normalmente, si nada se opone, por carecer de significación.

¹² www.todotrenes.com



4.1.17. INDICADORAS DE DIRECCIÓN.¹³

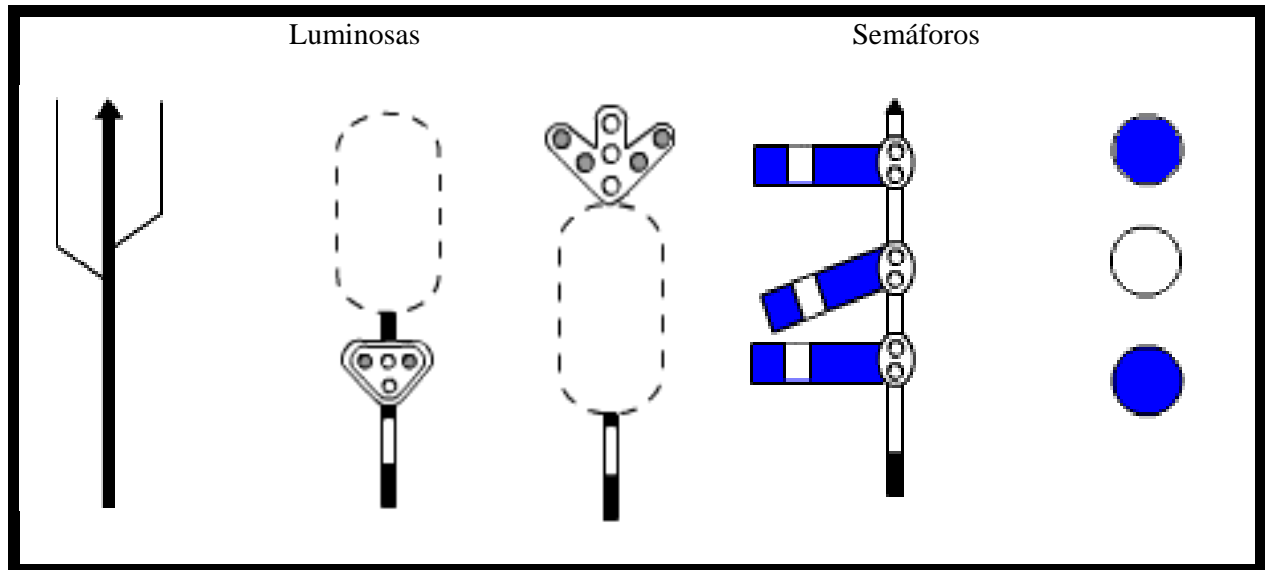
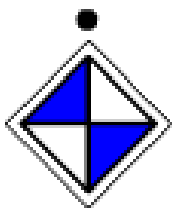


Figura 4.1.18 Están situadas en las estaciones o en plena vía y se instalan, según convenga, en el mástil de otras señales o aislada

Indica la vía que tomarán los trenes o maniobras.

Si la señal indica vía distinta a la que deba seguir un tren o maniobra, ordena al maquinista, si está parado, no emprender la marcha y si está en marcha, detenerse y comunicarlo al agente que tenga a su cargo la señal. Pueden también emplearse tableros luminosos con letras o números.

4.1.18. INDICADORAS PARA LA TRACCIÓN ELÉCTRICA.



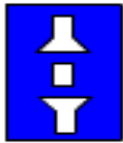
Ordena:
Parar ante ella sin rebasarla. Esta señal de perfil autoriza a seguir la marcha si nada se opone.



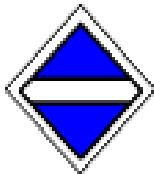
Ordena:
Cerrar totalmente el regulador al paso por el seccionamiento de aire de la línea de contacto.

¹³ www.todotrenes.com





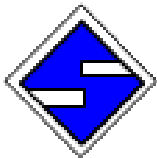
Ordena:
Cerrar totalmente el regulador al paso por el seccionamiento del aislador de la línea de contacto y no estacionar en él.



Ordena:
Bajar los pantógrafos¹⁵ a su paso por ella hasta pasar por la señal de elevación de pantógrafos



Indica:
Que se puede elevar el pantógrafo a su paso por ella.

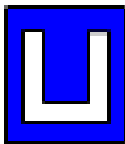


Indica:
Que a la distancia de 500 m. se encuentra instalada la señal de principio de zona neutra o la bajada de pantógrafos.



Indica:
El principio de la zona neutra de la línea de contacto.

Ordena:
Abrir el disyuntor hasta la señal de final de zona neutra.



Indica:
El final de la zona neutra de la línea de contacto pudiendo cerrar el disyuntor.¹⁴

¹⁴ Aparato eléctrico, interruptor que tiene por objeto abrir automáticamente el paso de la corriente eléctrica, protegiendo de esta manera el circuito eléctrico en el que se encuentra intercalado por causa de sobretensiones, en el caso de los ferrocarriles, este sirve para abrir y desconectar la línea principal de tensión, cortando la corriente directamente a partir del pantógrafo al resto del tren

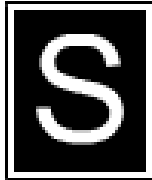




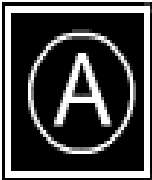
4.1.19. CARTELONES.¹⁵

Se emplean para transmitir a los maquinistas órdenes o indicaciones independientes de las demás señales fijas y llevan inscritas letras, palabras, números o figuras.

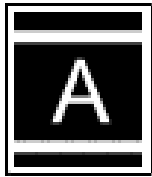
Los más usuales se indican a continuación:



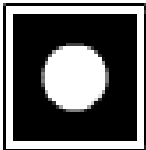
Ordena:
Al maquinista dar el silbido de atención. Podrá llevar una leyenda indicadora de la causa: obreros en la vía, paso a nivel guardado, paso a nivel sin guardar, etc.



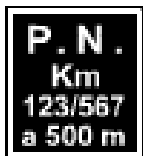
Indica:
La proximidad de un apeadero¹⁴ y está situado a la distancia de frenado del mismo.



Indica:
La proximidad del eje del apeadero y está situado a 100 m. del mismo.



Indica:
Que la parada en el apeadero es facultativa, cuando se presente el mástil de las señales de proximidad del mismo.

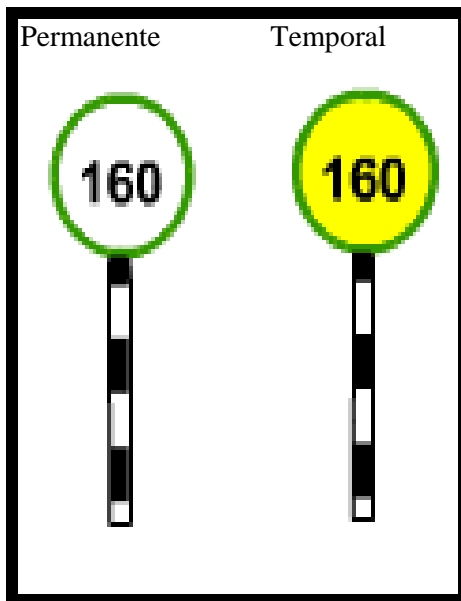


Indica:
La proximidad a los metros que indique el cartelón de ciertos pasos a nivel (el número lo es a título de ejemplo).

¹⁵ www.todotrenes.com



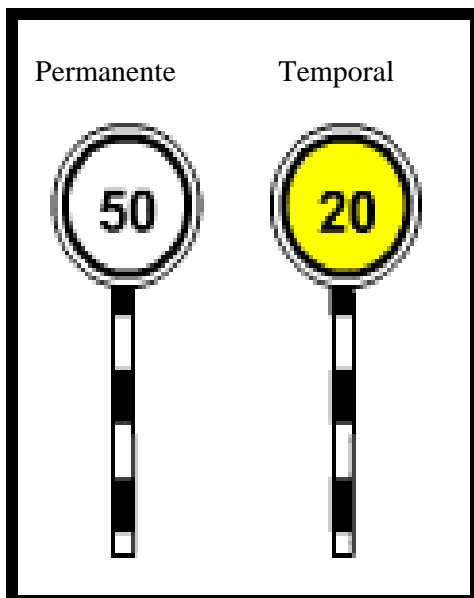
4.1.20. PREANUNCIO VELOCIDAD LIMITADA.¹⁶



Ordena al maquinista ponerse en condiciones de no exceder la velocidad de 160 Km/h. al pasar por la señal del anuncio de velocidad limitada, situada a continuación

Figura 4.1.19

4.1.21. ANUNCIO DE VELOCIDAD LIMITADA.



Ordena al maquinista ponerse en condiciones de no exceder la velocidad en Km/h. que se indica en la misma, desde la señal de velocidad limitada.

Figura 4.1.20

¹⁶ www.todotrenes.com





4.1.22. SEÑALES CON SILBATO DE LA LOCOMOTORA.¹⁷

ATENCIÓN



Al aproximarse a los cartelones de los apeaderos con parada facultativa cuando la tengan prevista.

Antes de reanudar la marcha, después de una parada o detención accidental en plena vía.

Al aproximarse al cartelón que ordena silbar y en las proximidades de los P.N.

ATENCIÓN ESPECIAL



Al aproximarse a una señal avanzada que ordene parada diferida.

Cuando el tren sea directo y no vea la señal de paso desde la aguja de entrada.

APRETAR FRENOS



Cuando sea necesario apretar el freno de los vehículos del tren o de las locomotoras

AFLOJAR FRENOS



Cuando sea necesario aflojar los frenos de los vehículos de tren o de las locomotoras

ABRIR REGULADOR



Trenes con tracción múltiple. Lo da el maquinista de cabeza para que arranquen las demás locomotoras.

CERRAR REGULADOR



Trenes con tracción múltiple. Lo da el maquinista de cabeza para que las demás locomotoras supriman la potencia de tracción

¹⁷ www.todotrenes.com



4.2. PATIOS, TERMINALES Y TALLERES¹⁸

GENERALIDADES

Cada país debe definir sus propias necesidades derivadas de sus costumbres, clima, cantidad y crecimiento de su tráfico clasificado de pasajeros y carga, etc.

Ferrocarriles o carreteras existentes, aportan datos base estadísticos y la distribución del tráfico entre porteadores, así como su correspondencia o intercambio, señalar datos que el Ingeniero y Arquitecto deben interpretar para lograr proyectos cuya construcción pueda ejecutarse evolutivamente hasta alcanzar su tamaño máximo.

Toda región o país carente de vías férreas donde apoyar su estadística, precisa planificar previamente su desarrollo económico total, basado en el avalúo de sus recursos, para poder afrontar el diseño de su red férrea.

Comprenden las áreas del ferrocarril, donde se atienden los servicios PUBLICOS de carga y de pasajeros, contiguas (en ocasiones) a zonas destinadas a servicios PROPIOS de inspección, mantenimiento, aprovisionamiento y formación de trenes de carga y pasajeros.

El desarrollo regional, la competencia con otros medios y un estudio de mercadotecnia permitirán proyectar edificios, vías e instalaciones con un TAMAÑO tal que admita el crecimiento del tráfico durante la vida útil de las obras, considerándolas construidas en etapas evolutivas bajo un planteo integral.

Cada pasajero, puede representar 2 personas (considerando acompañantes no viajeros) y las salas de espera clasificadas por precios del servicio (Pullman, Primera, Segunda) así como los servicios conexos de comedor, sanitarios, guarda equipajes, etc., deben ser proyectados con especial esmero por especialistas en Arquitectura para Edificios públicos y servicios ferroviarios además de considerar las necesidades propias de operación de trenes y mantenimiento.

En las estaciones de carga, los patios tienen diseño especial para cada necesidad específica. Muelles para mercancías en general, de contenedores, de granos agrícolas, mineral, automóviles, carbón, petróleo etc., demandan que el proyectista deba considerar el volumen de tráfico y su crecimiento, además de conocer las especificaciones del equipo e instalaciones, (grúas, tolvas, silos, etc.) y con esos datos formular un anteproyecto que debe compararse con otros para seleccionar el que produzca la mayor eficiencia, es decir, operación, mantenimiento, depreciación y producción a costo total mínimo.

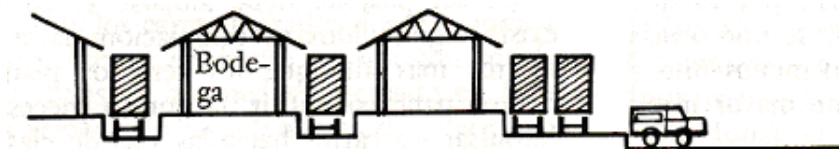


Fig. 4.2.1- Sección de un patio de descarga¹⁹

¹⁸ Francisco M. Togno (1982). Ferrocarriles. Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A. México. 2ª edición, Pág. 447
[HTTP://WWW.UMSS.EDU.BO/EPUBS/ETEXTS/DOWNLOADS/26/8.HTM](http://www.umss.edu.bo/EPUBS/ETEXTS/DOWNLOADS/26/8.HTM)



4.2.1. FUNCIÓN Y TIPOS DE ESTACIONES²⁰

Comprenden las áreas del Ferrocarril, donde se atienden los servicios públicos de carga y pasajeros, contiguos, en ocasiones, a zonas destinadas a servicios propios de inspección, mantenimiento, aprovisionamiento y formación de trenes de carga y pasajeros. Los diferentes tipos de estaciones, según su función, son las estaciones de tráfico de viajeros, de carga y mixtos, que serán detallados a continuación.

4.2.2. TERMINALES DE VIAJEROS²¹

La misión de las terminales de viajeros es la de recepción y expedición de trenes de viajeros así como la transferencia de viajeros desde los vehículos ferroviarios a otros medios de transporte o viceversa. Las terminales de viajeros están formadas por:

- **Sector ferroviario**, compuesto por las vías, andenes e instalaciones necesarias propias para la instalación.



Fig. 4.2.1.- Terminal de pasajeros,²²

¹⁹ En esta sección se puede ver que los trenes entran a los andenes y realizan las maniobras de carga o descarga a los camiones.

²⁰ Francisco M. Togni (1982). Ferrocarriles. Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A. México. 2ª edición, Pág. 448

²¹ [HTTP://WWW.UMSS.EDU.BO/EPUBS/ETEXTS/DOWNLOADS/26/8.HTM](http://www.umss.edu.bo/EPUBS/ETEXTS/DOWNLOADS/26/8.HTM)

²² <http://img522.imageshack.us/img522/6778/campogrande8no.jpg>



- **Edificio de servicio**, con las instalaciones dedicadas a la atención del viajero (información, restaurantes, salas de espera, zonas comerciales, etc.) y las zonas dedicadas al transporte de equipaje y paquetes.



Fig. 4.2.2.- Terminal Sao Paulo Brasil²³



Fig.4.2.3.-Terminal de trenes Hamburgo²⁴

- **Instalaciones complementarias**, tales como aparcamientos u otros accesos.

Las terminales de viajeros según el tráfico de trenes que posean pueden ser de cercanías (para distancias menores de 75 Km.) para el tráfico urbano o suburbano, regionales, de larga distancia para conexión nacional o internacional y de mercancías, si se tiene en cuenta el equipaje del viajero y la posibilidad de que el viajero lo pueda depositar temporalmente en una consigna.

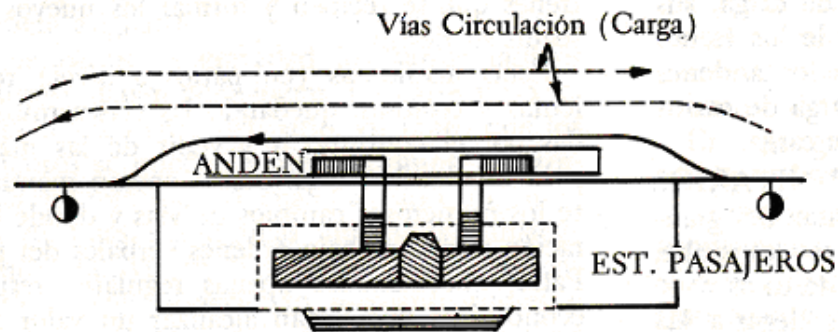


Fig. 4.2.4.- Estación de pasajeros exclusivamente.²⁵

En estaciones “de paso” (para pasajeros) los trenes de carga deben pasar sin detenerse empleando otras vías exclusivas para circulación hasta la Estación de carga.

En ocasiones, las estaciones de pasajeros (caso México, D.F.) se denominan “de cola”, localizando el eje del peine de las vías de los andenes, como un ramal que se apoya con una “Y Griega” troncal.

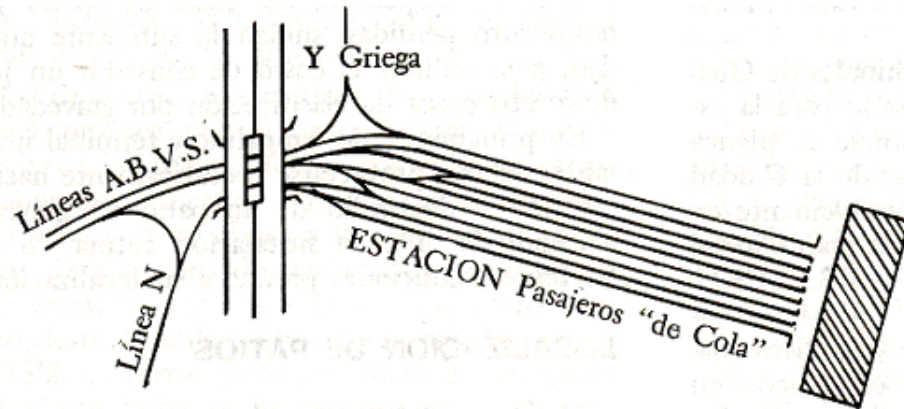
²³ http://www.caminandosinrumbo.com/brasil/sao/Sao_Paulo_6.jpg

²⁴ http://lh3.ggpht.com/_26wjAybFbLI/RrrMkvDyKqI/AAAAAAAAABpM/1u_DgD5ZBwc/Berlin+28-Jul-07+002.jpg

²⁵ Francisco M. Togni (1982). Ferrocarriles. Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A. México. 2ª edición, Pág. 449

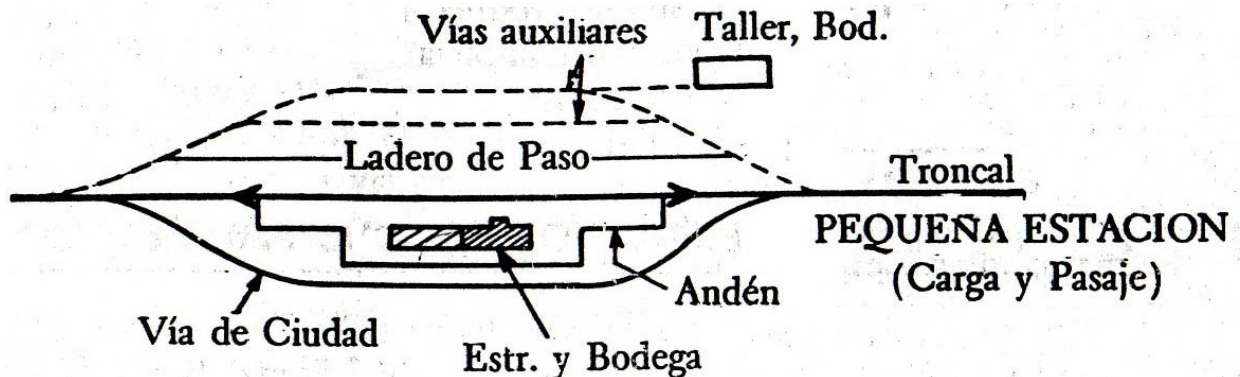


Ese tipo, se opera “virando” el tren y entrando “de cola” al andén y cuando la densidad crece, entrando “de frente” y sacamos por separado, los coches vacíos y sus máquinas para conducirlos a su taller de inspección, aseo, reparación etc.



4.2.5.- Estación de cola para pasajeros.²⁶

En estaciones de paso para pasajeros los trenes de carga deben pasar sin detenerse empleando otras vías exclusivas para circulación hasta la estación de carga, como se ilustra en la figura.



4.2.6.- Estación de paso, para pasajeros²⁷

Por otra parte el mínimo servicio público sobre vía troncal, se establece mediante un corto andén y una caseta con tejado, o la caja de un carro fuera de servicio, acondicionado para proteger contra la intemperie, al reducido pasaje de una pequeña comunidad, que aborda trenes locales mediante las señales del usuario.

²⁶ Francisco M. Togno (1982). Ferrocarriles. Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A. México. 2ª edición, Pág. 449

²⁷ Francisco M. Togno (1982). Ferrocarriles. Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A. México. 2ª edición, Pág. 449



4.2.3. TERMINALES DE CARGA Ó MERCANCÍAS²⁸

La función de las estaciones de carga en el manejo y distribución a sus diferentes destinos, tales como ciudades vecinas, industrias con vías particulares o el trasbordo de la carga desde los vagones a otros medios de transporte. Los componentes principales de las terminales de carga son las siguientes:

- *Patios o parques de recepción, expedición y estacionamiento de material, ordenación, formación y descomposición de trenes*, los cuales están formados por las instalaciones de la vía, comunicaciones, señalización y todas las demás instalaciones precisas para el tráfico de los trenes en la Terminal. Se llama patio al conjunto de vías que sirven en la repartición de los carros a diferentes destinos y/o a escapes para las empresas a las cuales les llegan grandes cargas por medio de este servicio de transporte.
- *Edificios, muelles* y otros departamentos necesarios para la explotación comercial de la Terminal.



Fig. 4.2.7.- Muelle de argentina²⁹

- *Accesos a la Terminal y aparcamientos.*



Fig. 4.2.8.- Terminal Berlín³⁰

²⁸ [HTTP://WWW.UMSS.EDU.BO/EPUBS/ETEXTS/DOWNLOADS/26/8.HTM](http://www.umss.edu.bo/epubs/etexts/downloads/26/8.htm)

²⁹ http://www.railwaysofthefarsouth.co.uk/Resources/AGN_CRYPFmuelle2.jpg





Los tipos de terminales de carga según las mercancías que se transporten pueden ser: de trenes directos, los cuales tienen origen, destino y horarios fijos, circulan con carácter regular y, por lo general, sin paradas intermedias; de detalle, para paquetería, servicios de correos y equipajes sin propietarios e intermodal, para el transporte de contenedores o vagones especiales.

4.2.4. ESTACIONES DE TRÁFICO MIXTO³¹

En este tipo de estaciones, las terminales de viajeros y mercancías no están separadas claramente la una de la otra. Ambas terminales están compuestas de los departamentos que se detallan en los tipos de estaciones.

En estaciones que prestan servicios de pasajeros y carga, las instalaciones necesarias están relativamente próximas unas a continuación de otras. Debiendo emplearse túnel para peatones y amplio andén intermedio entre dos vías, exclusivas para pasajeros, para atender trenes en dos direcciones simultáneamente y para el manejo adecuado de la carga que será seleccionada para la descarga o trasbordo a otro medio de transporte.

También se conocen las Estaciones técnicas, las que se encargan de que los planes de tráfico de viajeros y mercancías sean siempre correctos, ya sean estas estaciones de tratamiento técnico de viajeros y/o de carga, en las que se realizan todas las operaciones de mantenimiento y preparación de la composición de viajeros, previo al inicio de su traslado y la ordenación de trenes de carga. Parques de los sectores, son unidades operativas con misión específica determinada (maniobras de unión o cambio de vagones o locomotoras por ejemplo), compuestas por haces de vías y las instalaciones precisas.

En estaciones que prestan servicios de pasajeros y carga, las instalaciones necesarias están relativamente próximas unas a continuación de otras debiendo emplearse túnel para peatones y amplio andén intermedio entre dos vías, exclusivas para pasajeros, para atender trenes en dos direcciones simultáneamente y para el manejo adecuado de la carga que será seleccionada para la descarga o trasbordo a otro medio de transporte.

En cualquier caso para las estaciones mixtas o de carga, el diseño de los patios tiene particular importancia ya que con un buen diseño de estos para las horas pico del año de proyección, se concretará la eficiencia de la Terminal. En los patios de maniobras, se revisan, aprovisionan y reparan carros y locomotoras; se forman nuevos trenes y se cambian sus tripulaciones. El tamaño del patio representa un serio problema que debe resolverse adecuadamente, además se precisa prever su futura ampliación.

Una estación en el sector ferroviario, consta de patio de recibo; otro de clasificación; de reclasificación y de salida o despacho, además de vías para la circulación directa, talleres, servicios y desde luego Torre de Control de la Clasificación.

³⁰ http://farm1.static.flickr.com/1/1011422_a6498bd0dd.jpg?v=0

³¹ [HTTP://WWW.UMSS.EDU.BO/EPUBS/ETEXTS/DOWNLOADS/26/8.HTM](http://www.umss.edu.bo/epubs/etexts/downloads/26/8.htm)



Cada patio es un problema especial donde el número de carros por tren, define las dimensiones del patio de clasificación y donde se precisa conocer los tipos de retardadores, el número de los sapos, el viento dominante local, clase, peso y modelo de carros, etc.

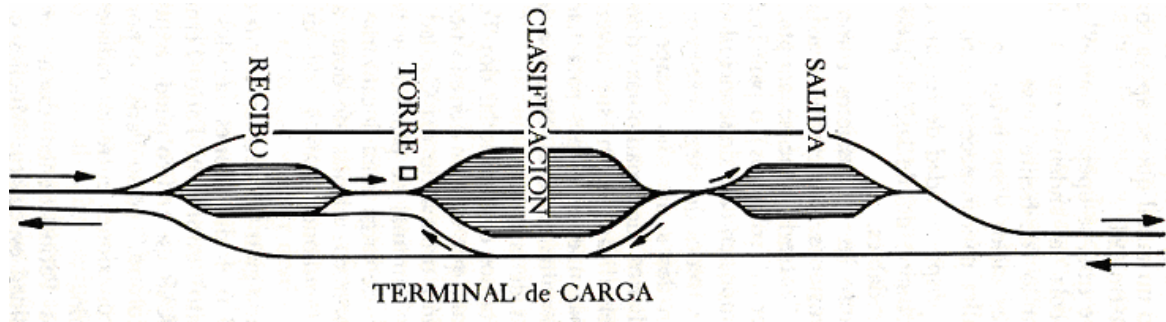


Fig. 4.2.9.- Imagen vista en planta de una Terminal de carga³²

Otro tipo de clasificación para las estaciones respecto a los patios, a su ubicación y forma en perfil, los cuales se irán describiendo en los apartados posteriores, en la figura 4.14 se ilustra una de las tantas distribuciones de los patios de la estación.

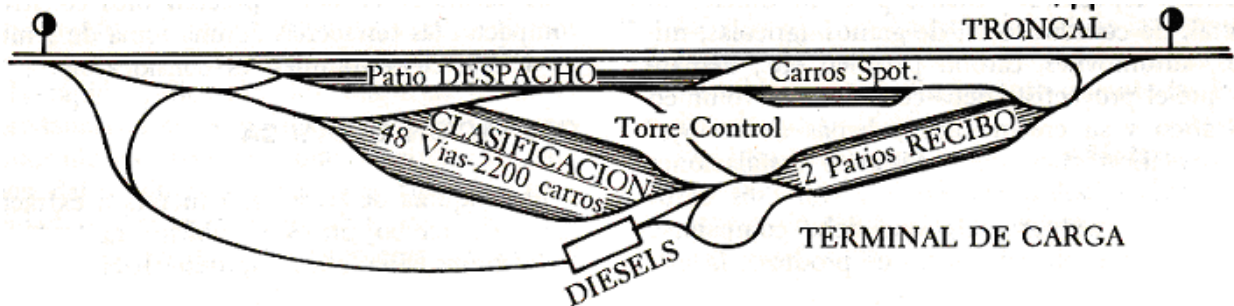


Fig. 4.2.10.- Distribución de los patios en una estación de carga³³

³² Francisco M. Togno (1982). Ferrocarriles. Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A. México. 2ª edición, Pág. 449

³³ Francisco M. Togno (1982). Ferrocarriles. Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A. México. 2ª edición, Pág. 449



4.2.5. PRINCIPIOS BÁSICOS PATIOS DE JOROBA³⁴

Estas maniobras (en patios a nivel) resultan lentas y costosas, quedando las vías semibloqueadas por el continuo ir y venir de las máquinas patieras, donde los garroteros operan manualmente los numerosos cambios de vías y donde la operación se realiza bajo órdenes verbales del Jefe de Patio obteniéndose apenas regulares resultados económicos que llegan alcanzar un valor crítico. Este es el principal motivo por el cual se construye un patio de joroba o de clasificación por gravedad.



Fig. 4. 2.11.- Locomotora de maniobras utilizada en los patios de terminales³⁵



Fig. 4. 2.12.- Este Trackmovil pertenece a la Planta de Celulosa Pacífico, y con él se procede a evacuar desde la Planta, los carros cargados con Celulosa a una línea secundaria, donde el personal de Transporte procederá a retirarlos para ir armando el tren.³⁶

Para la localización de los patios, debe alojarse el patio donde exista alguna loma u ondulación natural 5 o 6 metros más alta que los terrenos planos colindantes para constituir la joroba necesaria para

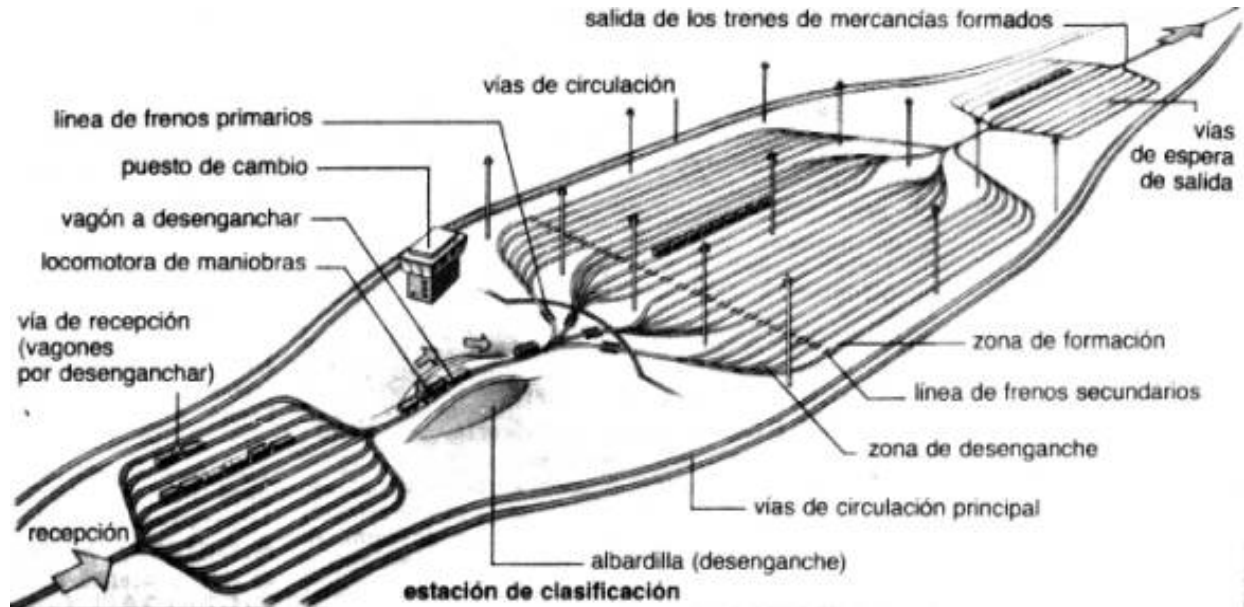
³⁴ Francisco M. Togni (1982). Ferrocarriles. Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A. México. 2ª edición, Pág. 450

³⁵ [HTTP://WWW.UMSS.EDU.BO/EPUBS/ETEXTS/DOWNLOADS/26/8_ARCHIVOS/IMAGE010.JPG](http://www.umss.edu.bo/EPUBS/ETEXTS/DOWNLOADS/26/8_ARCHIVOS/IMAGE010.JPG)

³⁶ [http://bp3.blogger.com/_KNIL5AismtA/SGgMSXTwC8I/AAAAAAAAAEMg/EoXRsu74AIw/s1600-h/2008_06_27_c_Mininco+\(59\).JPG](http://bp3.blogger.com/_KNIL5AismtA/SGgMSXTwC8I/AAAAAAAAAEMg/EoXRsu74AIw/s1600-h/2008_06_27_c_Mininco+(59).JPG)



impulsar los carros hacia las vías de clasificación, dado que de no existir esas condiciones topográficas naturales, entonces precisaremos construir y compactar las terracerías de una loma de 5 metros de altura, cuyo volumen es considerable. Las características principales de los patios de joroba en una estación se muestran en la figura.



4. 2.13.- Patio de joroba en una estación.³⁷

4.2.6. OPERACIÓN DINÁMICA³⁸

La máquina de patio, se concreta a extraer del patio de recibo carros y subirlos hasta la cima de la joroba, donde los impulsará hacia las vías de clasificación con velocidad teórica óptima de 10 [Km./h], cifra que consideraremos como la carga de velocidad inicial del patio. Desde la torre de control se observa, el paso de los carros y se les conduce hasta la vía de su destino clasificado, accionando las agujas de los cambios automáticamente, mediante control eléctrico a distancia, al igual que la aplicación del freno hasta controlar la velocidad deseada por observaciones a ojo o mediante computadoras electrónicas quienes inclusive pueden aplicar por sí mismas el frenado requerido para llegar a formar cada carro en su meta asignada. En los patios de gravedad los carros rápidos golpean y se dañan pero logran formarse y no reducen el rendimiento del patio, en tanto que los carros lentos se quedan a medio camino y entorpecen la producción, lo cual ha dado origen al empleo de unas maquinillas mecánicas llamadas mulas, que usan vía angosta intercalada en las vías del patio y que se accionan mediante cables y poleas, pudiendo pasar bajo los carros y remolcar a los lentos mediante rodillos que se aplican al eje de los carros.

³⁷ Francisco M. Togno (1982). Ferrocarriles. Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A. México. 2ª edición, Pág. 449

³⁸ Francisco M. Togno (1982). Ferrocarriles. Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A. México. 2ª edición, Pág. 450, 451.



Una equivocación con velocidad en exceso, provoca que el carro lanzado desde la cumbre de la joroba, choque contra otros carros estacionados o alcance a los que están en tránsito, un carro lento obliga a la máquina de patio, a penetrar a la zona de clasificación y empujarlo hasta reunirlo con sus carros compañeros del nuevo destino, ambas situaciones, creadas por el 5 ó 15% de carros malos, ha dado origen desde 1930, al uso de frenos retardadores, que controlan la velocidad de los carros lanzados desde la joroba con excesiva fuerza mediante un apretón mecánico de las cejas de las ruedas, calculado en función de la velocidad y características de cada carro y la distancia por recorrer hasta su paradero de clasificación. Finalmente, el mejor funcionamiento de un patio provisto de frenos retardadores, se obtiene con la rápida aplicación de complejas fórmulas de resistencias y su equilibrio con fuerzas de aceleración usando computadoras electrónicas, que reciben datos sobre el peso, tipo de carro, velocidad, distancia por recorrer, velocidad del viento, etc., y resuelven el problema del exacto freno requerido para cada carro, en unos cuantos segundos, mientras el carro efectúa el recorrido entre la joroba y los retardadores.

4.2.7. PERFIL DEL PATIO DE GRAVEDAD³⁹

Los carros son empujados de la vía de recibo hasta la cima o joroba, donde deben pasar entre 3 y 4 [Km/h], iniciando un descenso mediante gravedad por la máxima pendiente del perfil. De la vía simple de recibo, a unos 1000 m de la cima, se instala el centro de un retardador del patio denominado joroba, cuya misión consiste en recibir carros de peso variable, frenarlos y dejarlos salir a la máxima velocidad de 10 [Km/h].

En la vía troncal y a distancia aproximada de 120 metros después del retardador de joroba, se desprenden las vías de cada grupo del patio de clasificación, el cual puede tener haces de vía, como se ilustra en la figura 8.7 donde el patio de clasificación presenta cuatro haces de 5 vías cada uno.

Sobre la vía principal de cada grupo, aproximadamente a 120 m, se instala un segundo retardador denominado de grupo, el cual debe frenar al carro entrante y dejarlo salir a velocidad promedio entre 10 y 15 [Km/h] según el largo del patio de clasificar. Respecto a la longitud de las vías del patio de clasificación, estas deben ser lo bastante grandes y con pendiente tal, que un carro de alta resistencia que es un mal rodador pueda llegar al extremo con velocidad igual a cero. Resulta preferible usar sólo dos retardadores, los de joroba y grupos con lo cual se simplifica la labor humana y se reducen los errores, aumentando con ello la capacidad horaria.

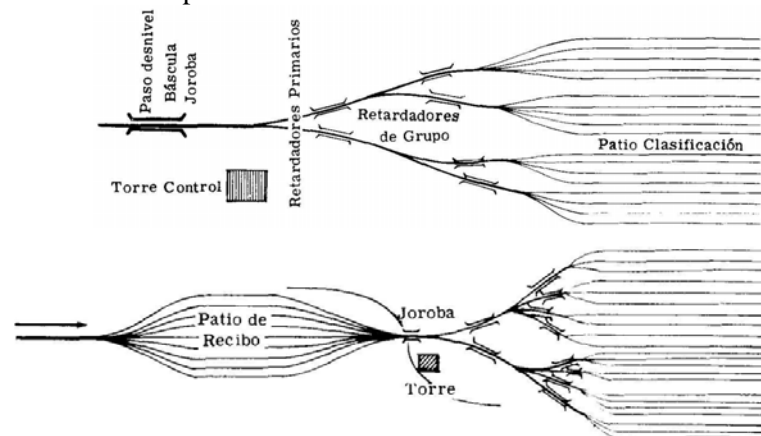


Fig. 4. 2.14.- Patio de clasificación⁴⁰

³⁹ Francisco M. Togno (1982). Ferrocarriles. Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A. México. 2ª edición, Pág. 459

⁴⁰ Francisco M. Togno (1982). Ferrocarriles. Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A. México. 2ª edición, Pág. 456



Ambos retardadores tienen 3 grados de apriete de ruedas, desde apriete ligero, para servicio normal hasta apriete máximo, que deberá ser capaz de detener al carro a la salida con una velocidad igual a cero, aún tratándose de carro pesado y de buena rodadura, o sea el más veloz y de mayor peso.

4.2.8. METODOLOGIA DE FERRONALES PARA CALCULAR EL TAMAÑO DEL TALLER DE CARROS ⁴¹

Los grandes Talleres emplean el “Spot System” para trabajos mayores y talleres eficientes para las reparaciones ligeras.

Se distinguen 2 clases de reparaciones: Ligeras o de Conservación (aplicables al 10 a 15% de los carros recibidos) y las mayores o de Reparación que se aplican al 3% de los carros pasando la Terminal del Valle, la cual no representa el Taller máximo de carros del Sistema.

El número de carros recibidos es 50 mil/mes y el de unidades atendidas en los Talleres 7 mil; correspondiendo 80% a ligera conservación y 20% a reparaciones mayores, o sea un 3% del total recibido.

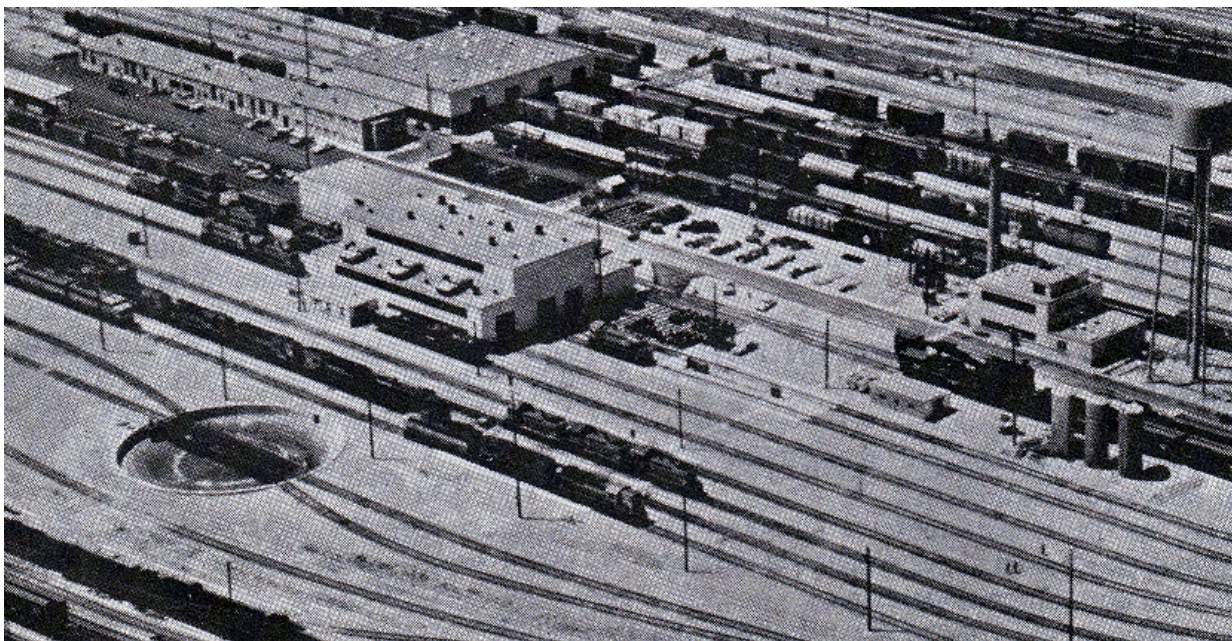


Fig. 4. 2.15.- “Spot System” Talleres para Reparación ligera y “Overhaul”

⁴¹ Francisco M. Togno (1982). Ferrocarriles. Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A. México. 2ª edición, Pág. 466, 467 y 468.





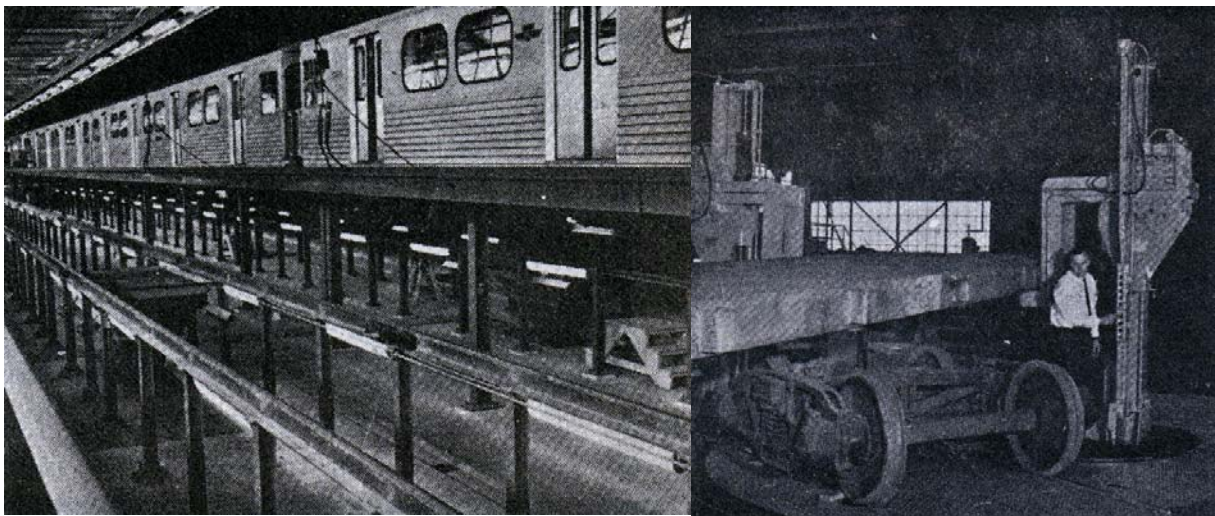
Talleres para locomotoras y Carros, anexos a los grandes Patios Terminales, han sido modernizados mediante los métodos del “SPOT-SYSTEM” que duplican la eficiencia de los antiguos talleres.

Se les localiza en áreas compactas de los grandes patios, empleando entre 10 y 15% de la Total Superficie de la Terminal, donde se usan Mesas Giratorias y “Mesas Transfer” a la vez que Maquinas de Patio, Track Móviles y pequeñas herramientas para remolcar carros (operadas por Sistema de Cables y malacate eléctrico) denominadas “liebres” —Rabbit, que se manejan a control remoto.

Los carros son inspeccionados en el Patio de Recibo y se les clasifica en la joroba hacia los Talleres Spot, donde se les hace pasar por LAVADO automático, engrase, pintura etc., y mediante Gatos hidráulicos (de 75 Ton) se levantan para quitarles los Truck, en mal orden (usando vía Transfer o giratoria) para cambio completo por Trucks en buen orden: para Loas. Y carros, se tienen talleres con varios NIVELES donde las herramientas, refacciones, personal especializado etc. emplean tiempo mínimo con máxima eficiencia en cada labor.

El Spot System reduce días de trabajo a unas cuantas horas y produce ahorros del 100% en aprovechamiento del personal mecánico, reduciendo además el perdiem (renta diaria de Carros) y evitando pérdidas en refacciones y poder ofrecer mejor Calidad y Seguridad.

Las Cías. R.M.C. (Railway Maintenance Corp.) la Whiting Co. de Illinois U.S.A. construyen Equipos para Spot System y pueden ampliar las ideas elementales que mostramos a través de fotos



Taller con tres niveles

Gato y Mesa Giratoria





Lavado de trenes⁴²

4.2.9. TALLERES REPARACIÓN DE CARROS⁴³

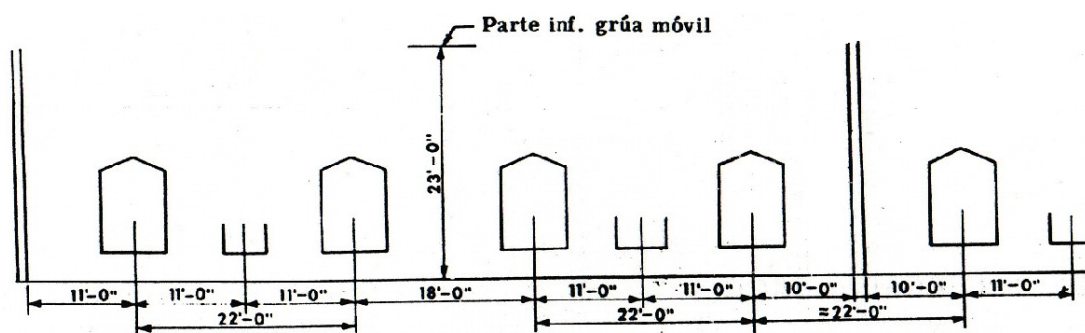


Fig. 4.2.16.- La figura representa las dimensiones mínimas recomendadas para talleres de carros de carga.

1. Los talleres estarán planeados de modo de poder sacar los carros por ambos lados.
2. El taller estará pavimentado
3. En talleres sin grúa la altura mínima será de 6.10 mts (20 pies).
4. Las puertas serán de 3.96 mts (17 pies) de altura.
5. los talleres serán amplios razonablemente para obtener ciertas comodidades en el trabajo.
6. Los talleres serán amplios razonablemente para obtener ciertas comodidades en el trabajo.
7. Se preverán medios para obtener con prontitud el manejo de materiales por medio de grúa, carros motor, monorrieles, malacates, etc.
8. Se recomienda una construcción a prueba de incendios.
9. Se recomienda una construcción del techo y paredes sea tal que ofrezca la máxima intensidad del alumbrado natural y ventilación.
10. Se recomienda una buena iluminación artificial.
11. para climas fríos se recomiendan instalaciones de calefacción. Además de estos talleres, son necesarios también los de pintura para coches y carros los cuales se localizan en un lugar separados

⁴² <http://www.lavadosams.com/producto.php?id=17>

⁴³ Francisco M. Togno (1982). Ferrocarriles. Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A. México. 2ª edición, Pág. 475





5.- PROYECTO DE FERROCARRILES





INTRODUCCION

El autocad es un programa específicamente para desarrollo de ingeniería y arquitectura.

Autocad es una herramienta que permite acelerar y facilitar las fases de dibujo y diseño de planos ejecutivos de proyecto, anteproyecto y definitivos al usuario.

Ahora Autodesk AutoCAD es un programa de diseño asistido por ordenador (CAD "Computer Aided Design"; en inglés, Diseño asistido por computador para dibujo en 2D y 3D.

AutoCAD gestiona una base de datos de entidades geométricas (puntos, líneas, arcos, etc con la que se puede operar a través de una pantalla gráfica en la que se muestran éstas, el llamado editor de dibujo.


La interacción del usuario se realiza a través de comandos, de edición o dibujo, desde la línea de órdenes, a la que el programa está fundamentalmente orientado.






1.- Como primer paso para el dibujo del ferrocarril se harán los durmientes de la vía férrea.

1.1 Para el diseño del durmiente se trabajara en la barra de comandos de vista en isométrico, y se usa el

comando “RECTANGLE”¹  , las medidas que se usaran son de 0.20x0.30m, dibujado el

rectángulo se usa el comando “EXTRUDE”²:  , el valor de la altura de extruccion será de 2.9 para el durmiente.

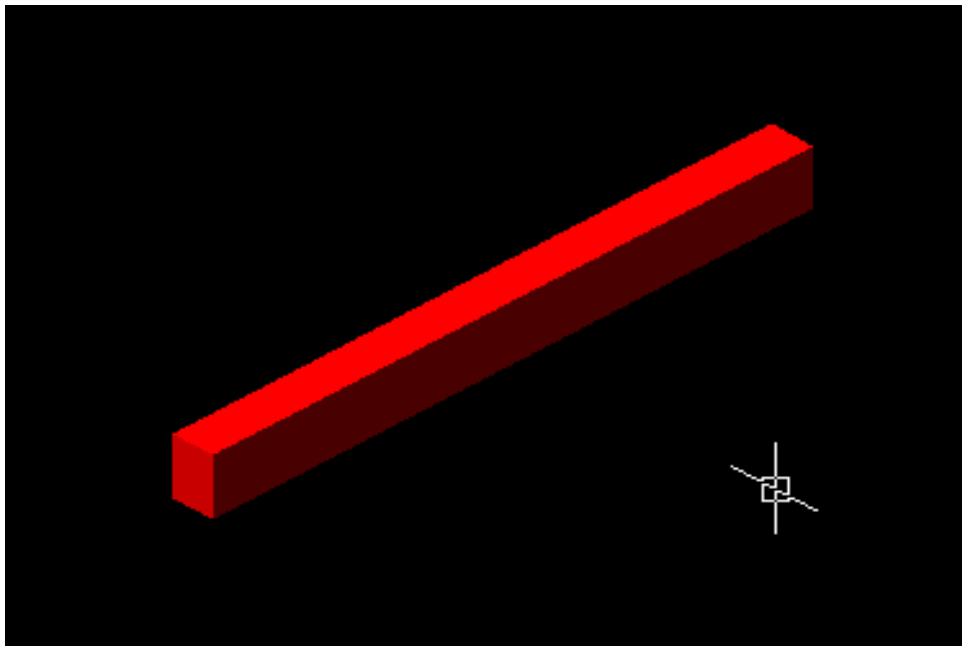



Fig. 5.1 Imagen del dibujo finalizado del durmiente.

¹ Crea rectángulos usando puntos específicos, de valores que se le den en cuanto a longitud y ancho que se desee para el dibujo.

² Con el comando extrude lo usamos para crear sólidos especificando el valor de la altura y el ángulo para extrudir, en caso de que se requiera



Para generar los siguientes durmientes se usará el comando “COPY OBJECT” ³, se irán insertando los bloques de durmientes que se requieran paralelos unos a otros.

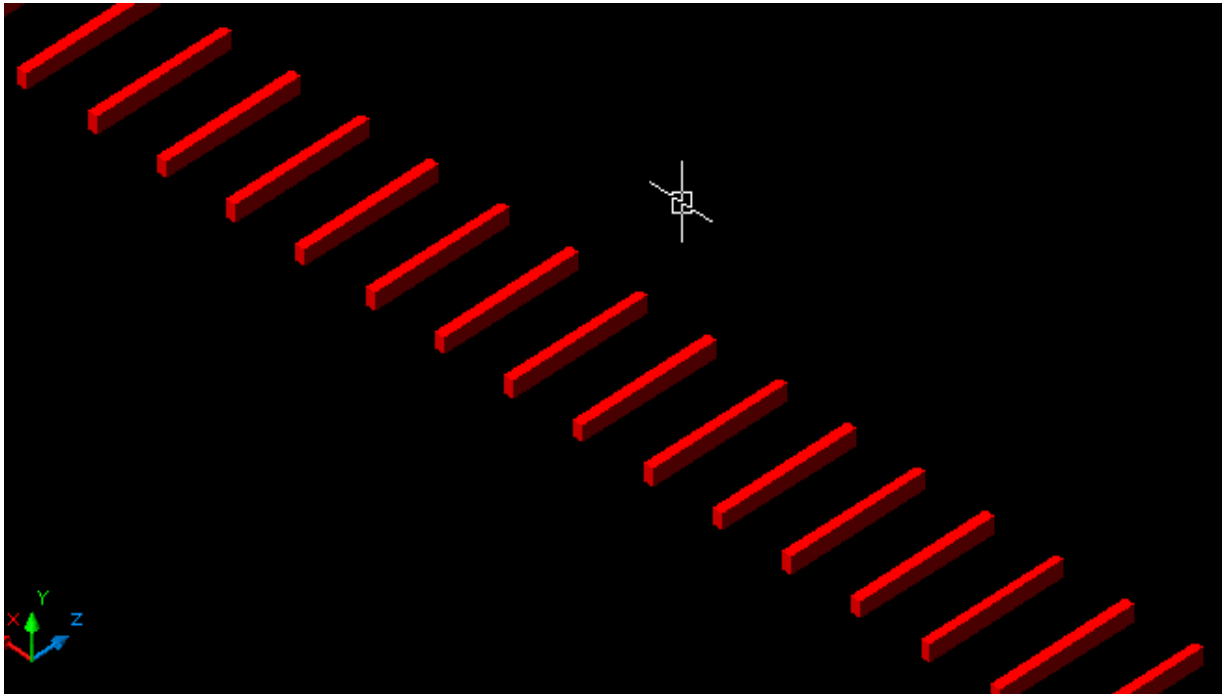


Fig. 5.2 Imagen de durmientes terminados

1.2 Para generar las vías del ferrocarril es necesario dibujar en planta un perfil “I”, ya dibujado el perfil usaremos el comando “EXTRUDE” para generar el lado longitudinal de la vía.

³ Con este comando se generan copias exactas de los bloques que se hallan generado previamente,, e insertándolos en el punto que se requiera.



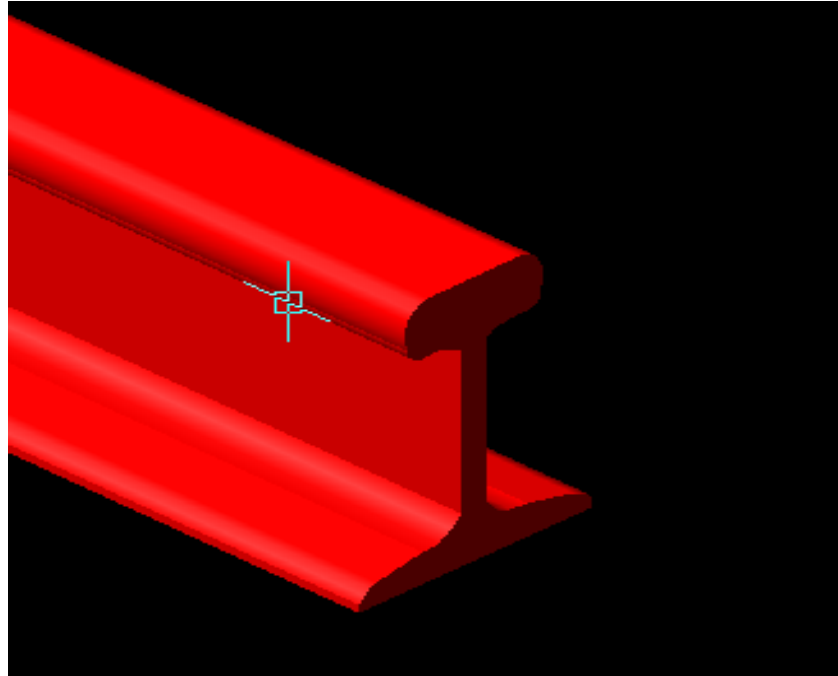


Fig. 5.3 Imagen detallada de la vía férrea

Ya generada la primer vía, se prosigue hacer un bloque para la insertar la vía paralela a la ya realizada anteriormente

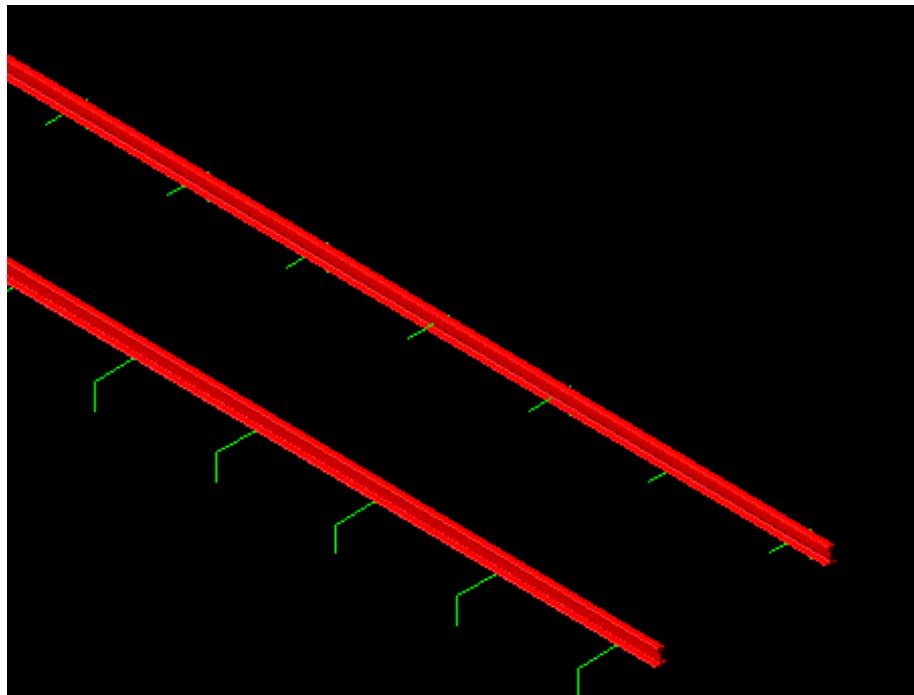




Fig.5. 4 Imagen de las dos vías férreas ⁴

⁴ La distancia entre vías o rieles del ferrocarril es de 1.43 mts, esto establecido por la normatividad de proyecto geométrico de ferrocarriles de México.





Se prosigue con el dibujo de las ruedas del ferrocarril utilizando el comando “CIRCLE”⁵:  con un radio de 0.7 mts, ya generados los círculos se procede a extruir los círculos dibujados para darle forma a las ruedas, se mejora dándole forma agregando cilindros a la rueda con el comando

“CYLINDER”⁶  que se irán generando y copiando con respecto al diámetro de la rueda hasta definirla por completo.

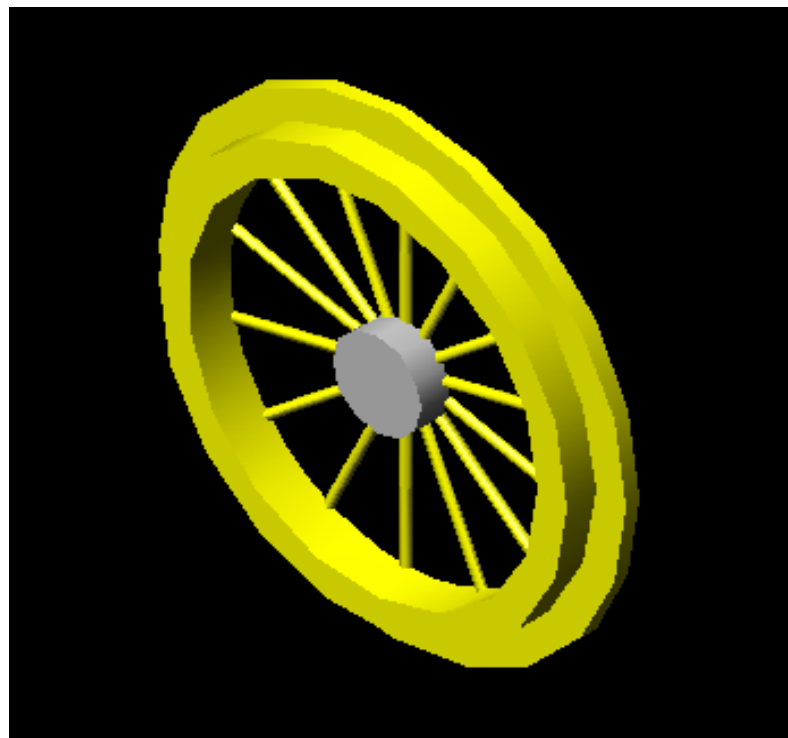


Fig. 5.5 Imagen de rueda finalizada ⁷

-Las ruedas delanteras se harán mas pequeñas escalando el bloque de las primeras ruedas realizadas.

⁵ El comando “circle” genera círculos a partir de un radio o diámetro según sea necesario para elaborar un dibujo

⁶ El comando “cylinder” genera cilindros a partir de la altura que se necesite, determinando la densidad de isolines

⁷ Todas las ruedas siguientes se generaran bloques y se irán insertando a lo largo del vagón.



-Para generar los vagones del tren utilizaremos de pasajeros y carga así como la locomotora principal. Para el vagón de carga de fluidos será necesario hacer una base rectangular perimetral extruendo la base, encima se dibujara un cilindro y en la parte superior se le dibujara una entrada para la entrada de personal, así como válvulas de entrada y salida de fluidos.

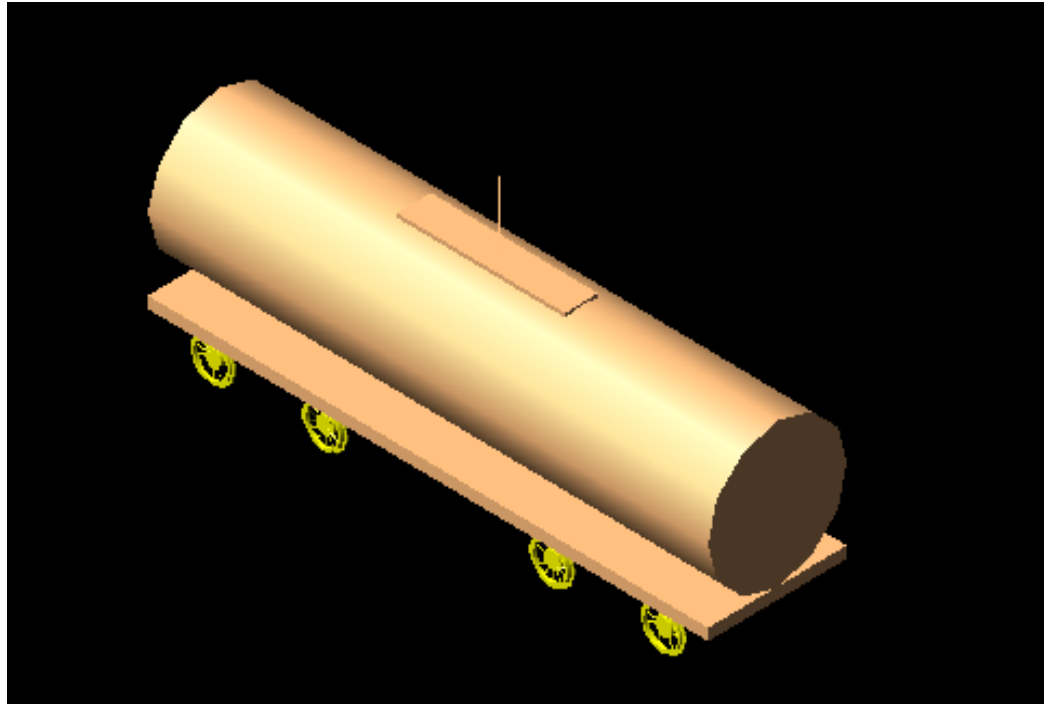




Fig. 5.6 Imagen de vagón de transporte de fluidos ⁸

Para el dibujo del otro vagón de carga es necesario utilizar el comando “BOX”⁹  , con la característica “length” generamos el cubo con las medidas que proponemos, echo el cubo se prosigue a usar el comando “SUBTRACT”¹⁰  , para desarrollar el hueco del vagón con otro rectángulo. Para representar la carga de tubos de acero se generan con el comando “CYLINDER”, como se puede observar en la Fig. 7

⁸ El dibujo fue generada a través de cilindros y rectángulos extruendo, la forma de realización fue explicada en temas anteriores.

⁹ El comando box genera cubos y a través del sub. comando length podemos generar cubos con lados que podemos editar sus dimensiones.

¹⁰ Este comando funciona para combinar dos bloques de áreas cerradas y hacer un solo bloque combinando dos figuras en una sola.



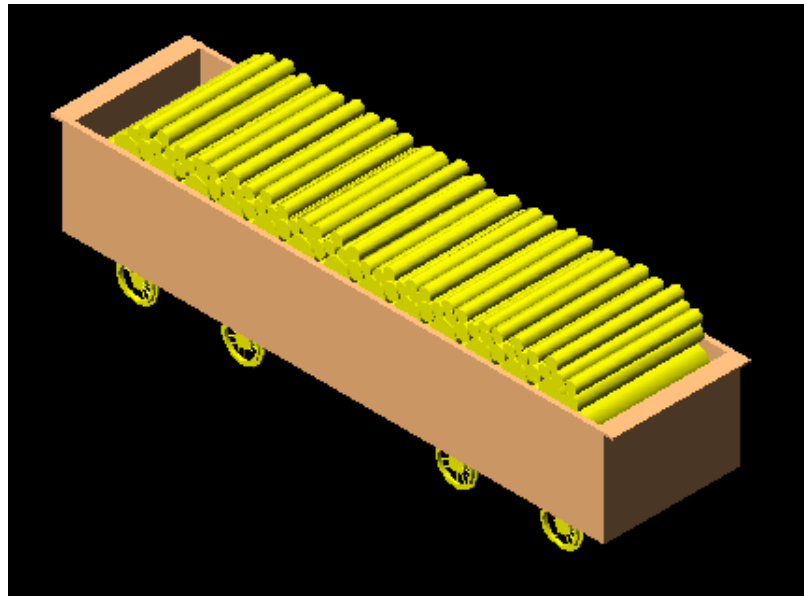


Fig. 5.7 Imagen en la cual se observa el vagón cargado de tubos de acero.

Para la realización del vagón de pasajeros es necesario usar el comando “CUBE” con la característica “LENGTH” para determinar las dimensiones de dicho cubo.
Terminado el cubo se agregaran ventanas a dicho vagón con el comando “SUBTRACT” en divisiones semejantes como se observa en la Fig. 8

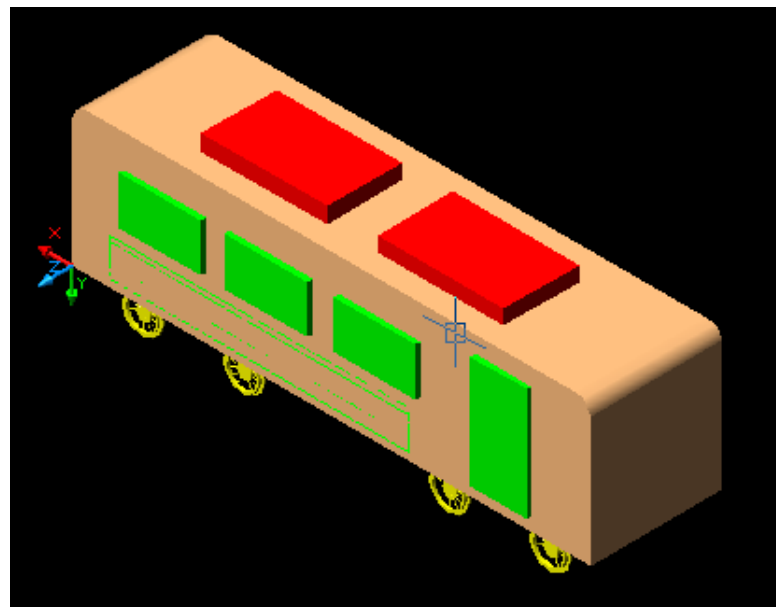


Fig. 5.8 Imagen de vagón de pasajeros¹¹

¹¹ Las ventanas y paneles de ventilación de aire acondicionado, se generan a partir de rectángulos extruidos y agregados al cubo del vagón.





-Para hacer el dibujo de la locomotora del ferrocarril, será necesario hacer el cubo de la cabina e ir insertando las ruedas que ya se dibujaron anteriormente, así como el andador, ventanas y clima. Para el andador se dibujara una base rectangular y se generara un cilindro a escala, y se realizando copias exactas, para pegarse consecutivamente una por una, lo cual representara las barras de acero del andador. Para realizar el aire acondicionado se dibujara un rectángulo se extruira y se pondrá en la parte del techo de la cabina, también se le insertara texto en la cabina con el comando “MULTILINE

TEXT” A¹², la palabra ferromex y se ajustara a la medida de la cabina, como se puede observar en la Fig. 5.9

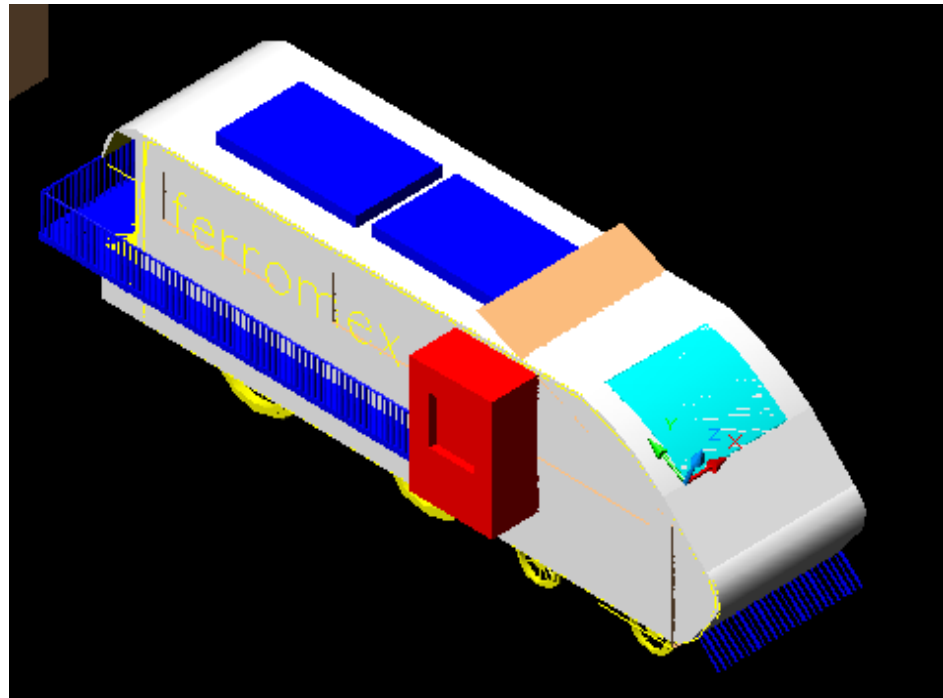



Fig. 5.9 dibujo de la locomotora terminada

¹² Este comando crea párrafos ajustados a una escala y tipo de letra, delimitado a un espacio de área que se especifique en el dibujo así como también da la opción de editar dichos párrafos.



-Para generar el terreno usaremos una malla en tres dimensiones la cual nos ayudara a representar el

terreno natural, para esto usaremos el comando “3DMESH”  ¹³, que dibujara una malla con cierto numero de vértices, como se muestra en la Fig.10 ya dibujada terminaremos dándole el acabado del material en este caso de material boscoso como se muestra en la

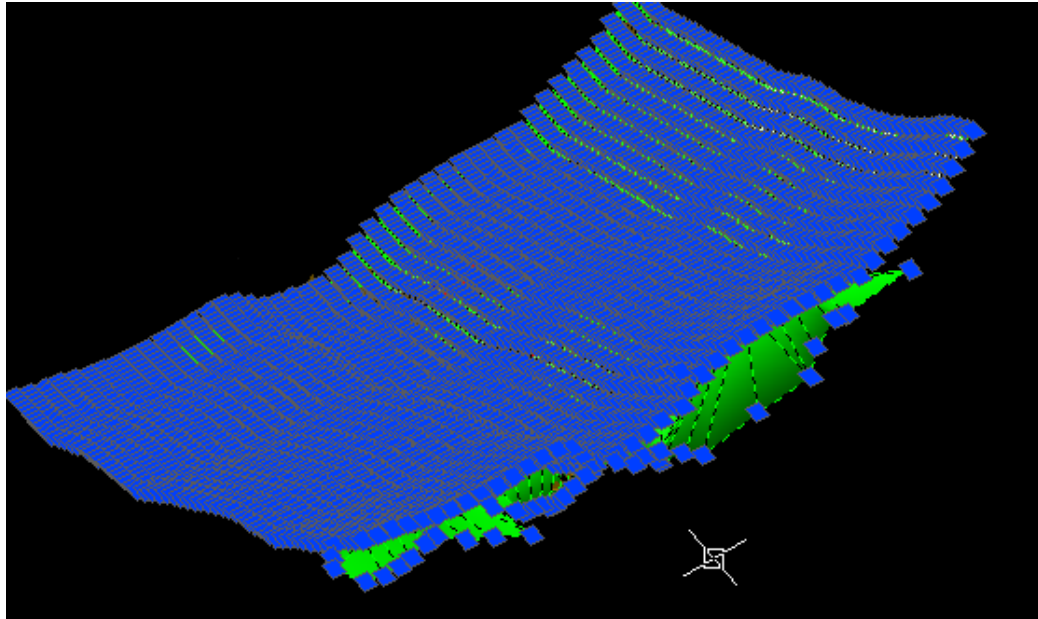


Fig.5.10 Representación de la malla con vértices a lo ancho y largo en tres dimensiones

¹³ El comando 3DMESH es usado principalmente para dibujar en tres dimensiones a partir de esto AutoCAD define una malla poligonal a partir de una matriz, las dimensiones las cuales son determinadas por los factores de M y N, los cuales equivalen a el numero de vértices que se generaran a partir de los valores que se ingresen.

Para su localización AutoCAD la define a partir de los vértices de la malla por los valores de M y N, por lo que las líneas y columnas indican el vértice. Define vértices empezando con coordenadas de (0,0). Por lo que debemos ingresar la localización de la coordenada para cada vértice en filas con los valores ingresados de “M”, los vértices pueden tener distancias arbitrarias entre uno y otro.

La orientación de los valores de M y N en la malla, dependerán de la posición de los vértices.

La malla poligonal que genera dicho comando están siempre abiertas en ambas direcciones con respecto a “M” y “N” y se podrá cerrar dicha malla con el comando “PEDIT”



-Ya dibujada terminaremos dándole el acabado del material en este caso de tipo boscoso como se muestra en la Fig. 5.10.1

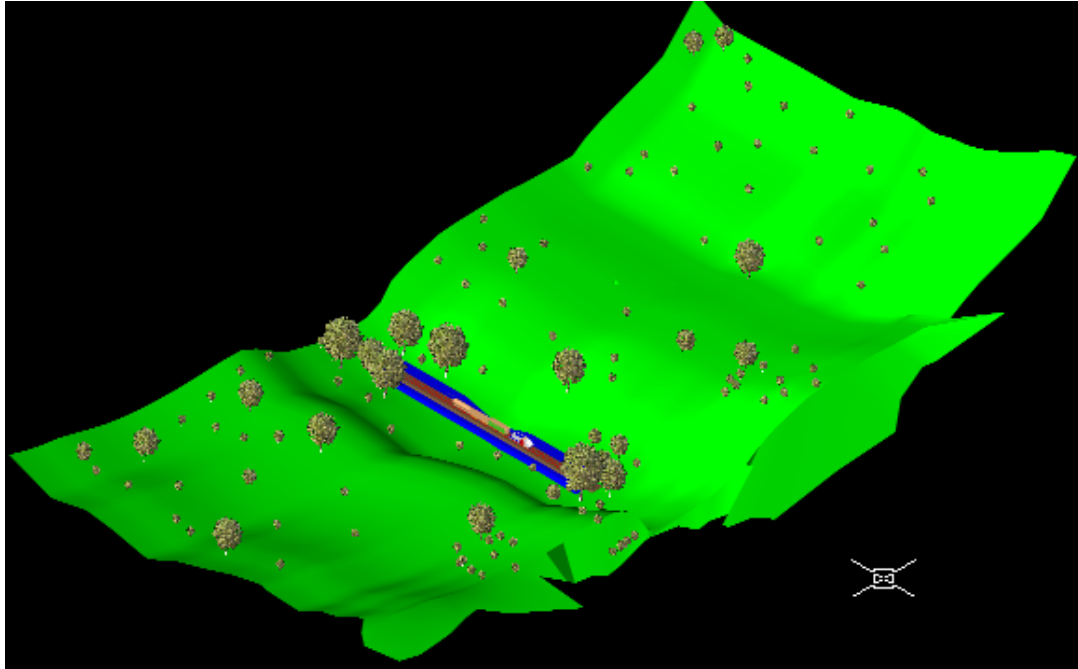


Fig. .5.10.1 Imagen de malla con materiales boscosos

-Como siguiente paso se dibujara un puente vehicular sobre el paso del ferrocarril, para esto empezaremos por dibujar las columnas del puente. Para esto es necesario dibujar rectángulos sobre el terreno, ya generados se prosigue a extruir los rectángulos dibujados a diferentes niveles según lo accidentado del terreno, de forma que lleguen a un mismo punto con respecto a una altura horizontal como se observa en la Fig. 11

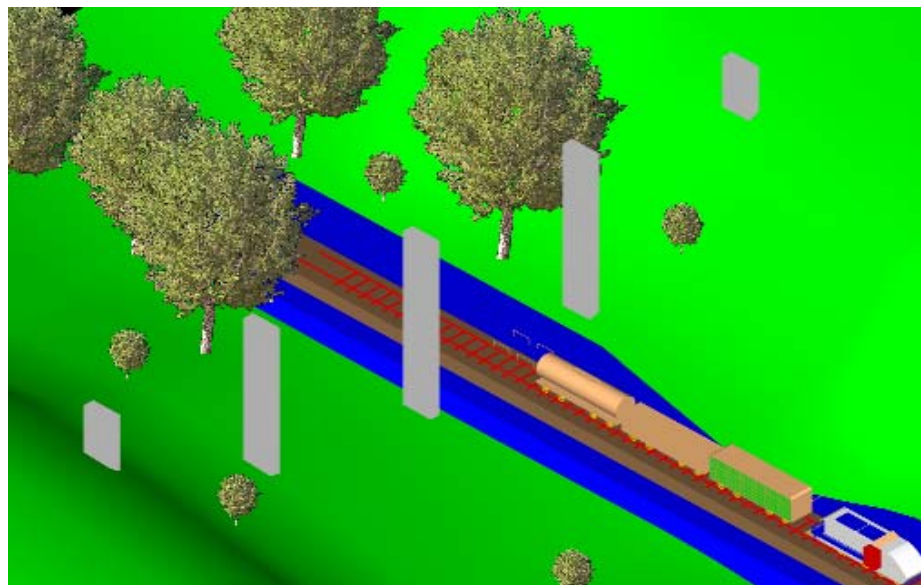



Fig. 5.11 Imagen donde se pueden observar las columnas echas



-El siguiente paso para la elaboración del puente es el dibujo de las piezas prefabricadas de las losas que se ubicaran sobre los apoyos de las columnas, ya dibujadas. Para esto será necesario dibujar bloques de piezas cuadradas en toda la parte longitudinal del puente, para ir generando las losas del

puente, para generar el muro deflector se usara el comando “OFFSET”  ¹⁴, en las partes de los bloques extremos, que sobresalen en las losas, esto para que de la vista ya mencionada.

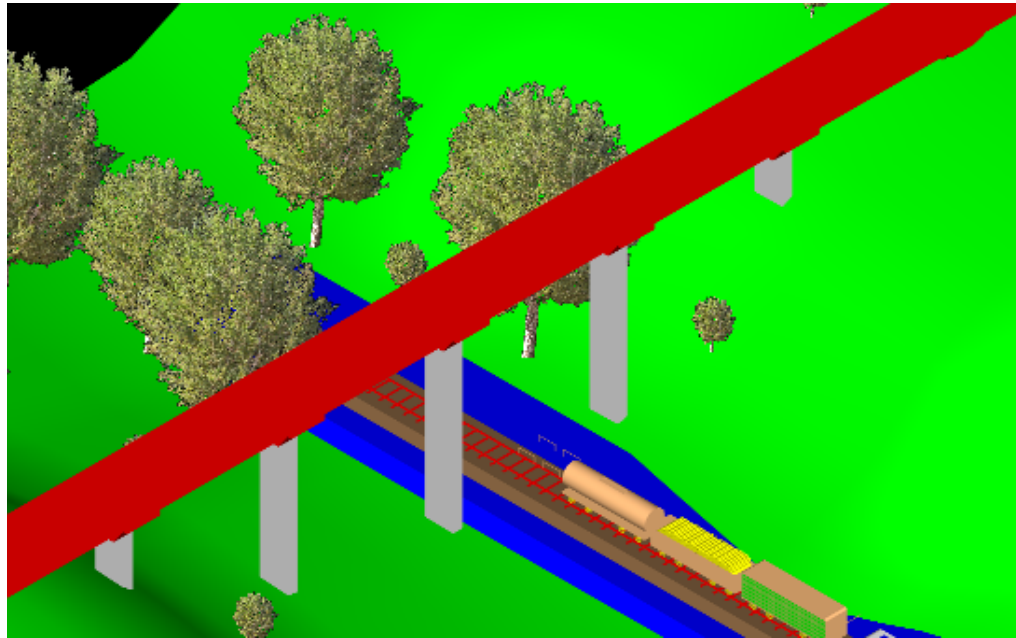


Fig. 5.12 Imagen de losas apoyadas en las columnas, con el parapeto.

-Para la representación de la carpeta asfáltica, sobre las losas será necesario hacer una capa extra sobre la losa determinando un espesor de 5 cms, con un acabado de material de color gris, al centro se colocaran rectángulos a lo largo del eje longitudinal que será el acotamiento y división de carriles, se usara un material blanco, para esto utilizaremos el comando “HATCH” ¹⁵.

Para generar el parapeto metálico del puente es necesario dibujar barras cilíndricas dobles en forma vertical a una distancia proporcional entre cada par de barras, así como también se dibujaran cilindros en forma horizontal de todo el puente haciendo coincidir con las barras verticales en toda la parte longitudinal del puente. Como se muestra en la Fig. 5.13


¹⁴ El comando offset crea nuevos objetos a una distancia especificada de un objeto ya existente o a través de un punto específico.

¹⁵ Este comando funciona para dar acabados a objetos o relleno de sólidos de algún color o material predeterminado por el usuario.





Fig. 5.13 Imagen donde se observa la carpeta asfáltica, muro deflector, parapeto metálico y acotamiento

-El siguiente paso será la inserción de bloques con el comando “BLOCK”  ¹⁶ de un bloque que fue ya establecido previamente, que en este caso serán los vehículos que circularan por el puente elevado. ver Fig. 5.14

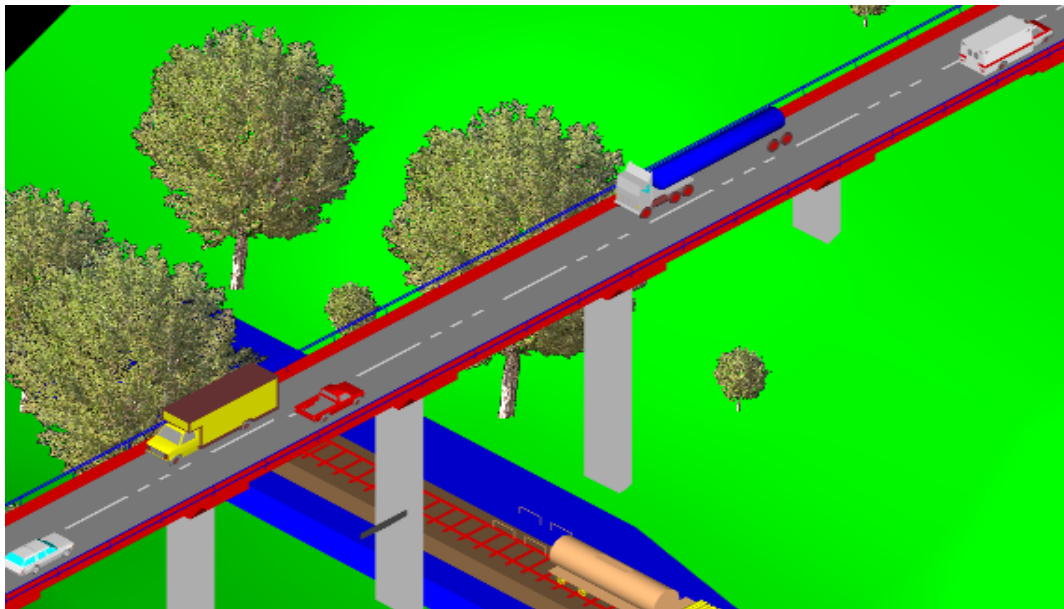



Fig. 5.14 Imagen donde se muestran los bloques de los vehículos sobre el puente.

¹⁶ Para la creación de un bloque en el dibujo es necesario registrarlo con un nombre, después seleccionar los objetos que se desea estén en un solo bloque, así como especificar la descripción del texto asociado con el bloque, así como también especificar las unidades a escala las cuales determinaran el bloque.



Habiendo terminado el dibujo, con respecto a los bloques que se insertaron será necesario darle un

aspecto más real de foto realismo, para esto utilizaremos el comando “RENDER”¹⁷  , con esto tendremos un mejor aspecto de la imagen en cuanto a materiales y texturas así como también


usaremos el comando “LIGHTS”¹⁸  el cual le dará mayor realismo al dibujo, las cuales se insertarán en puntos específicos del dibujo para generar dicha luz, tal y como se muestra en la Fig. 5.15



Fig.5.15 Imagen de vista de dibujo con Render

¹⁷ Este comando produce una imagen, usando información de una escena.

Una escena es una combinación de vistas y una o más luces como lo especifica el comando, RENDER utiliza las vistas de las escenas así como la información de luces, si no se especifica una escena al usar este comando, Render utiliza la vista actual, así como todas las luces generadas en el dibujo Render las asume por default, así como la distancia del origen, con una intensidad de 1.

¹⁸ Para usar este comando será necesario trabajar bajo la función de modelos en el espacio, Con este comando se pueden mostrar ambientaciones, puntos, distancias así como la ubicación de las luces en el sub. comando SHADEMODE, Para prender las luces desde la barra de herramientas, se deberá seleccionar el menú “OPTIONS”, en el cuadro de diálogo, seleccionar la tecla “Tab” esto siempre trabajando en el sistema de gráficos en 3D.



Como se puede observar en las imágenes siguientes se detallan mas los objetos con el renderizado aplicado en el puente con los bloques de vehículos que fueron insertados.



Fig. 5.16 Imagen de graficos en Render

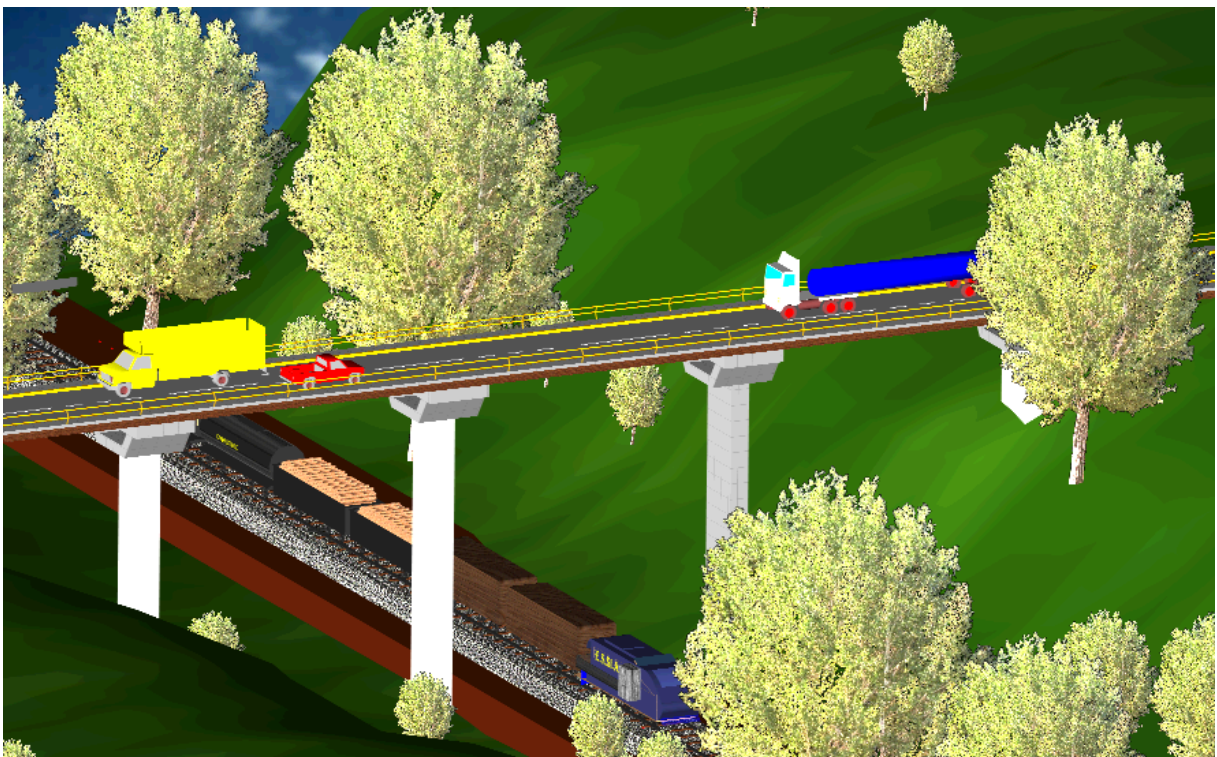


Fig. 5.17 Imagen con efecto de materiales en Render.



Rotando el dibujo para generar diferentes vistas del efecto que causa el renderizado ya aplicado como se observa en la siguientes Figuras.



Fig. 5.18 Imagen de bloque de materiales con Render.



Fig. 5.19 Vista rotatoria del lado opuesto del puente.





Vista trasera de dibujo con luces y renderizado con nitidez de 1.



Fig. 5.20 Vista trasera de dibujo de ferrocarril.





6.- TRAZO DE VIA, CURVAS VERTICALES, CURVAS HORIZONTALES Y CURVA MASA



6.- Trazo de vía, Curvas verticales, Curvas horizontales y Curva masa.

En el siguiente capítulo se realizará el proyecto geométrico, apoyados por el software de CivilCad® 2007¹, en el cual se calculará y comprobará si es una herramienta confiable en el diseño de vías para ferrocarriles.

Se recomienda estar familiarizado con la teoría de proyecto de ferrocarriles², para entender más este capítulo, aquí se retomarán temas básicos solo para una guía, con lo cual nos apoyaremos en imágenes y notas, utilizaremos como auxiliares los programas:

- Google Earth®³
- AutoCad Civil 3D® 2008⁴

6.1.- Captura de Datos.

6.1.1 Selección de la ruta

Este tema depende al tipo⁵ de ferrocarril que realizaremos y del material a transportar⁶, en el proyecto tomaremos un tipo de Ferrocarril tipo A y Transportaremos Mercancía, pensando en un futuro Ampliar a pasajeros.

Tomando dos ciudades de Querétaro “Chimequillas-Atongo” que ya tienen una vía de ferrocarril cada uno, los uniremos para un mejor aprovechamiento de la comunicación existente, la creación de más empleos y mejoras para las dos ciudades.

El terreno es plano, con pendientes muy bajas, es usado para agricultura, se tiene el apoyo de ambas ciudades por lo que podemos usar el terreno sin ningún tipo de restricción. En longitud recta de ciudad a ciudad son 10 535 m., por lo que la longitud de la vía será de 11Km aproximadamente. *Figura 6.1*



Figura 6.1.- Localización de los poblados Chichimequillas-Atongo con el programa Google Earht.

¹ CivilCad® 2007, es un complemento a Autocad® 2007

² Se puede encontrar en los capítulos anteriores en esta Tesina.

³ Google Earth® es un producto gratuito, auxiliar de la familia de Google.

⁴ AutoCad Civil 3D® 2008 es un producto de Autodesk®

⁵ Tipo A,B,C,D

⁶ Mercancías, Pasajeros, Ambos.



6.1.2.- Exportación de Superficie.

Para exportar la superficie es necesario localizar las poblaciones en el programa Google Earth, *Figura I*, después en el programa AutoCad Civil 3D® 2008 se realiza la siguiente secuencia de comandos, *Figura 6.2*

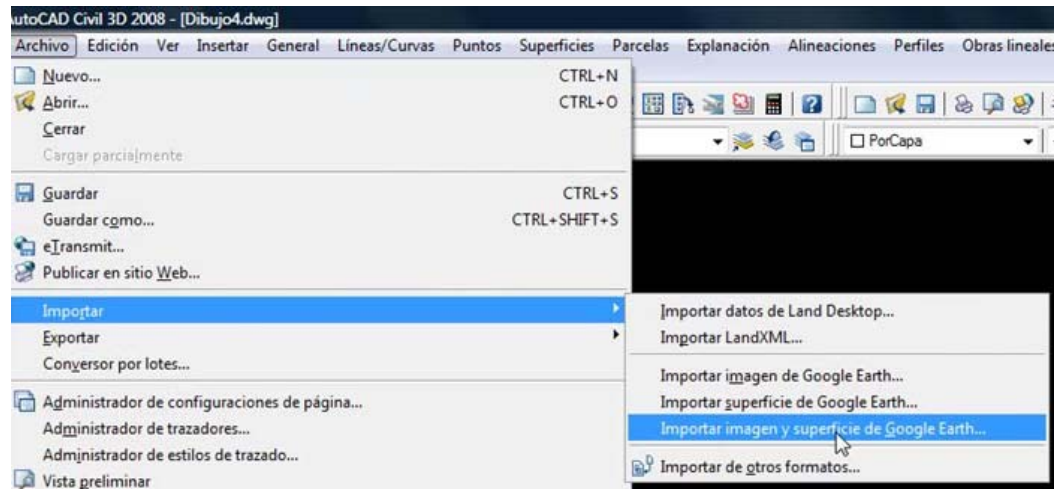


Figura 6.2, Secuencia para importar la imagen de Google Earth® a AutoCad Civil 3D® 2008.

Después de importar la imagen y superficie del programa satelital, *Figura 6.3*, se continúa con la importación de puntos al CivilCad® 2007, ya que lamentablemente la superficie⁷ importada es incompatible.

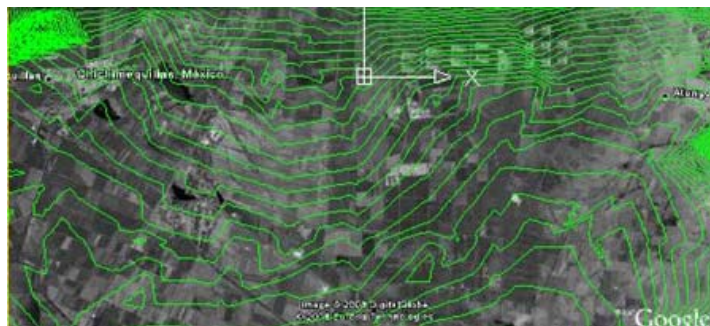


Figura 6.3.- Superficie importada con el programa a AutoCad Civil 3D® 2008.

Así que esta después de un procedimiento se vuelve a importar nuevamente. Con la siguiente lista de comandos. *Figura 6.4*

⁷ Nombre dado a un conjunto de mallas en la cual se encuentran curvas de nivel, puntos, triangulación.



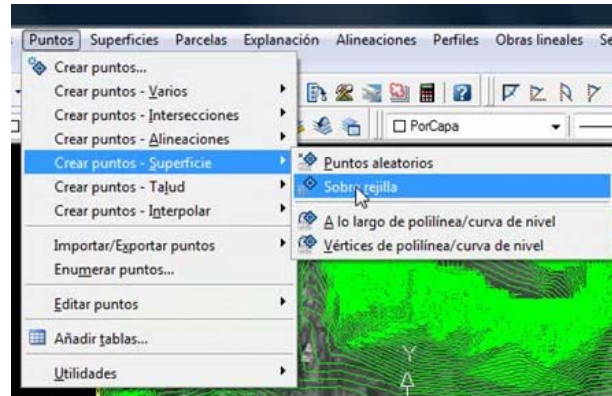


Figura 6.4.- Lista de comandos necesaria para la realización de puntos sobre rejilla.

Después de obtener los puntos los importamos a CivilCad® 2007, realizando la secuencia siguiente: Figura 6.5

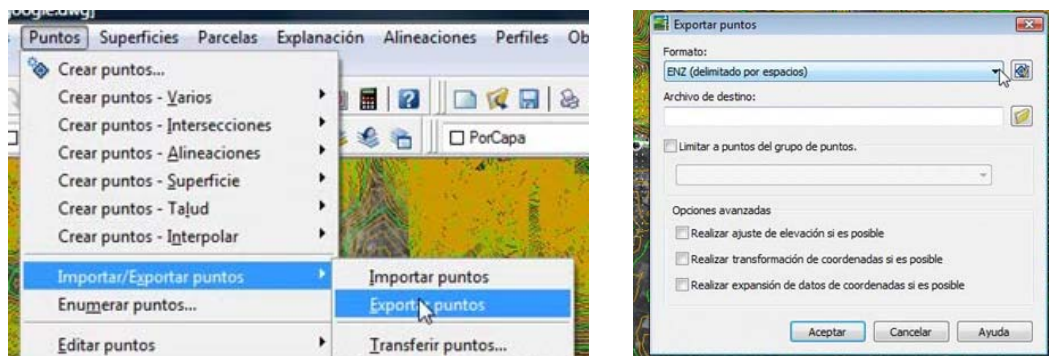


Figura 6.5.- Secuencia para importar los puntos del AutoCad Civil 3D® 2008 al Bloc de notas⁸.

6.1.3 Importar Puntos

A continuación con el CivilCad® 2007, exportaremos los puntos obtenidos con la siguiente secuencia, Figura 6.6:

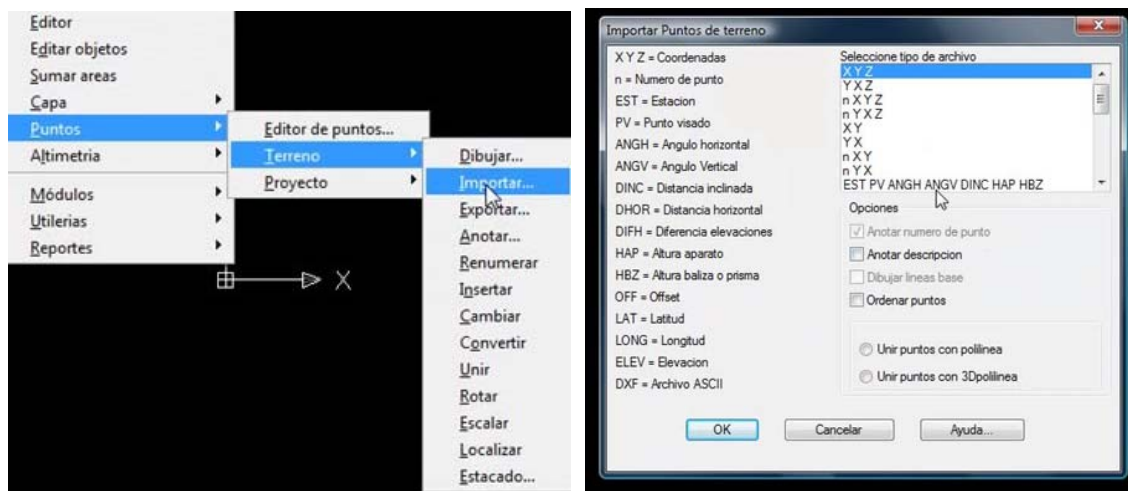


Figura 6.6.- Forma para importar puntos de un archivo de bloc de notas.

⁸ Bloc de notas es de Microsoft®.



Ya con los puntos trazados en el programa realizaremos la triangulación⁹ del terreno necesario para tener las curvas de nivel. *Figura 6.7*

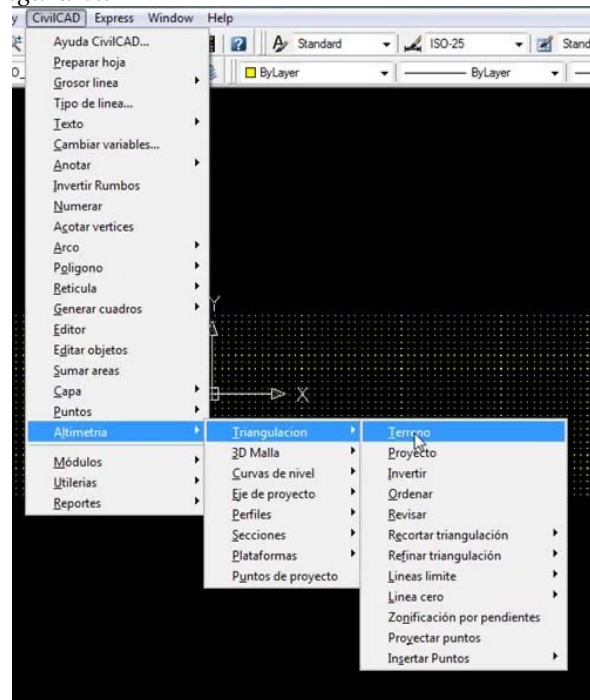


Figura 6.7.- Procedimiento a seguir para realizar la triangulación del terreno.

Con la triangulación obtendremos las curvas de nivel *Figura 6.8*, que en nuestro caso como el terreno es plano pondremos la equidistancia de 1m. y las curvas principales a cada 5m. *Figura 6.9*

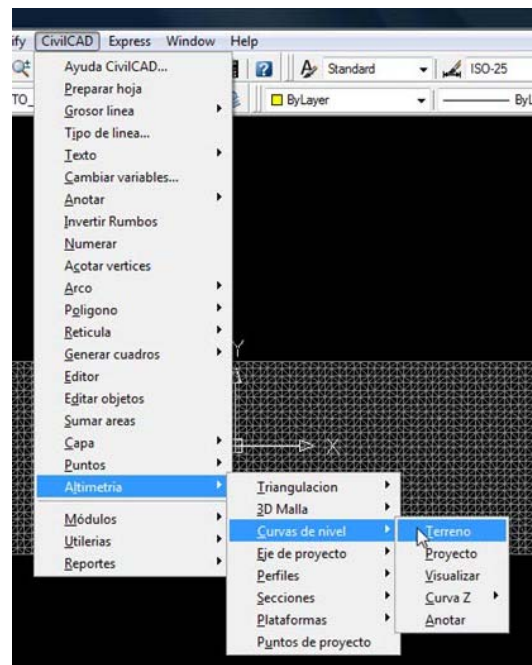


Figura 6.8.- Procedimiento a seguir para obtener las curvas de nivel

⁹ Debe de ser precisa y no se deben de encimar líneas, ya que puede estar mal la triangulación.



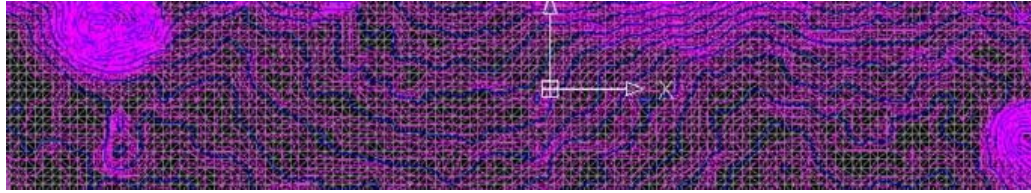


Figura 6.9.- Curvas de nivel.

6.1.4.- Localización de los poblados y Línea pelo de tierra.

Para localizar con la mayor exactitud nuestras localidades, necesitaremos el programa satelital, en el cual obtendremos nuestras coordenadas y las ubicaremos en el programa de Autocad® 2007, señalándolo con 2 puntos. *Figura 6.10*

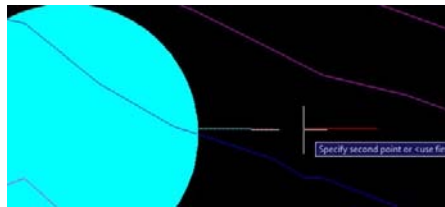


Figura 6.10. Punto que señala nuestro poblado en la configuración topográfica.

La línea pelo de tierra la localizaremos con una pendiente definida que no pase del 2%¹⁰, por lo tanto:

$$\text{Distancia} = \frac{\text{Altura}}{\text{Pendiente}}$$

En nuestro caso la distancia es debe de ser de 50m mínimo entre curva y curva. *Figura XI.*

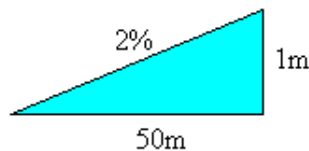


Figura 6.11. Relación existente dependiendo de la pendiente localizada en el camino.

A continuación se deben de tirar tangentes lo mas largas posibles siguiendo como base la línea pelo tierra. Para la rasante definitiva de proyecto. *Figura 6.12.*

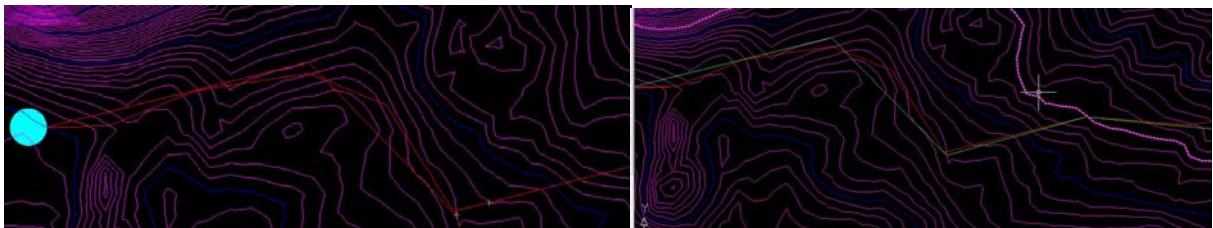


Figura 6.12. Línea pelo de tierra y tangentes

¹⁰ Es lo máximo permitido en nuestro proyecto por ser ferrocarril de carga para transformar en pasajeros.



6.2 CURVA EN ESPIRAL

Una vez obtenidas las curvas de nivel, se realizó la línea a pelo de tierra y posteriormente las tangentes que se generaron a lo largo de casi 11 kilómetros de camino propuesto para la construcción de la línea férrea. Esto consiste en sustituir varios tramos de la línea a pelo de tierra, por una sola tangente, esto, en el caso de planos hechos por el método tradicional, pues cuando se trata de planos logrados por restitución fotogramétrica, no hay línea preliminar, y son varios tramos de la línea a pelo de tierra, los que se sustituyen por una sola tangente y en nuestro caso la ayuda del programa de Autocad® 2007 nos facilitó el proceso.

Para realizar las curvas en espiral y simple, nos apoyamos con el programa de Autocad® 2007 y CivilCad® 2007, como se ha estado mencionando, primeramente las curvas en espiral y simples son arcos de círculo y se emplean para unir dos tangentes consecutivas.

Los radios de estas curvas dependen de la clase y dimensiones de los vehículos¹¹, su velocidad a la que transiten, las condiciones de la carga y pendiente longitudinal del camino.

En CivilCad® 2007 cuando se tiene definido el eje de proyecto, se procede a las indicaciones de ir al submenú de módulos, se elige la opción de carreteras SCT, curvas horizontales y por último dibujar como se indica en la *figura 6.13*.

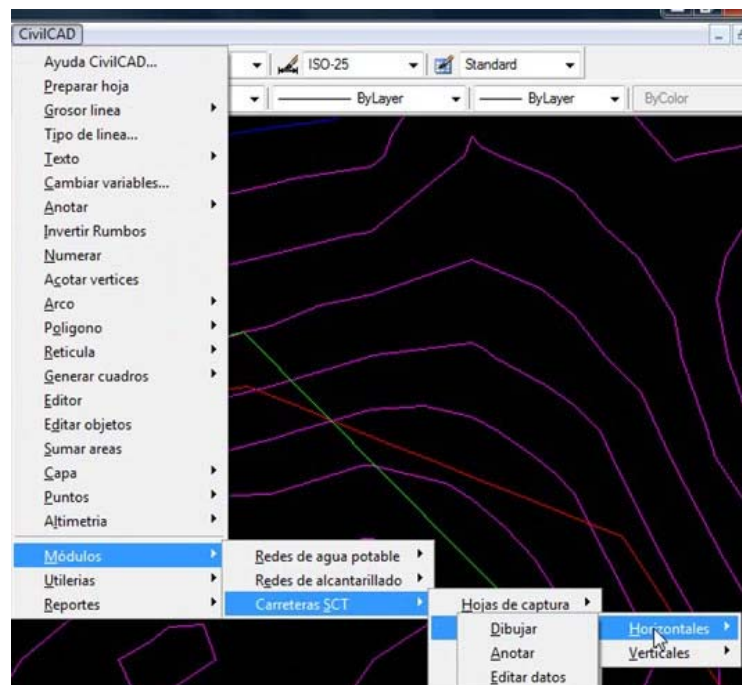


Figura 6.13. Ruta para dibujar curvas horizontales.

En seguida el programa pide la instrucción de indicar el vértice o PI (*Fig. 6.14*)

¹¹ Normas de SCT.



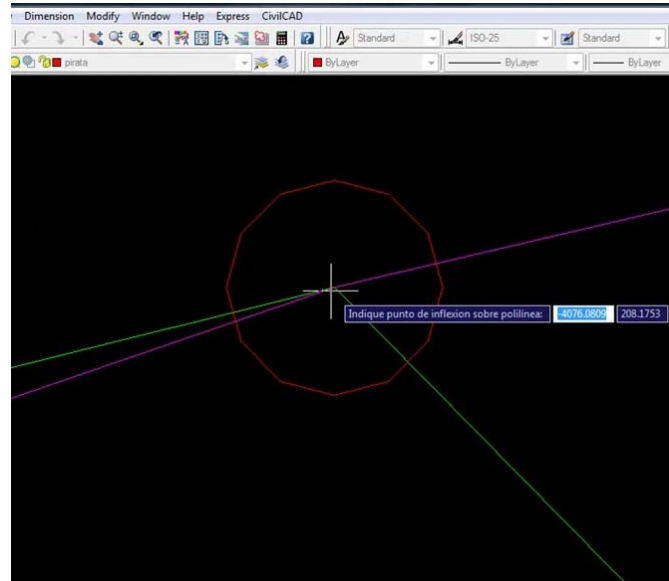


Figura 6.14. Punto de Inflexión. PI.

Seguido de una ventana (Fig. 6.15) donde se tiene que ingresar los datos de la curva, así como indicar el tipo, en este caso una curva en espiral. En el cuadro se ingresan los datos de Tipo de camino, la velocidad de proyecto, el grado de curva, la sobre elevación, el sobrancho de camino, el bombeo, la longitud de entrada¹². Datos que deben ser revisados bajo las normas de la SCT.

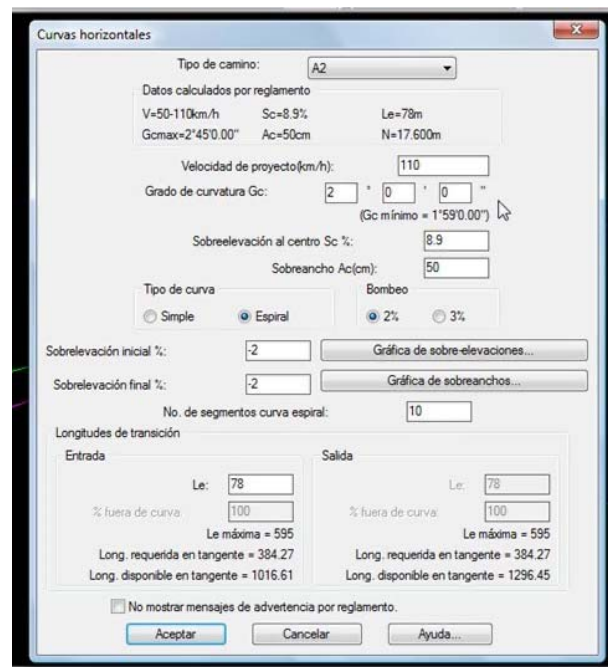


Figura 6.15. Datos de Una curva en espiral.

¹² Estos datos los sugiere CivilCad® 2007, cumpliendo las normas de la SCT.



Finalmente al tener correctos los datos bajo las normas, el programa realiza en nuestro eje de camino la curva correspondiente (Fig. 6.16), en este caso “curva en espiral”, y así sucesivamente en todo el camino donde se requiera de este tipo de curvas¹³.

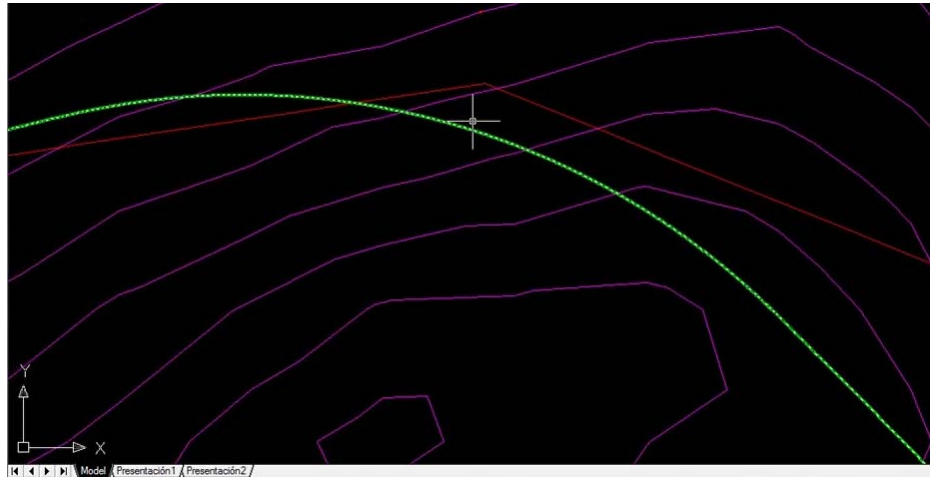


Figura 6.16. Curva Horizontal en Espiral.

CivilCad® 2007 tiene la opción de plasmar los datos de la curva en nuestro dibujo, bajo la indicación de módulos de SCT, el tipo de curva, en este caso horizontal y anotar datos. En pantalla se podrá apreciar los datos generales y adicionales como la deflexión, el PI, subtangente, ángulo de la deflexión, Xc y Yc. (Fig. 6.17).

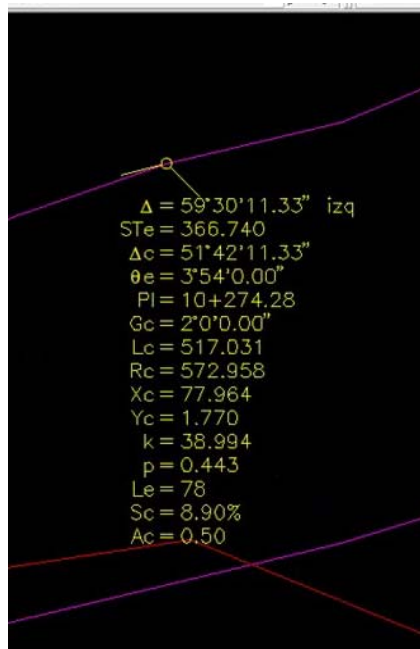


Figura 6.17. Datos que nos muestra CivilCad® 2007, para comprobar nuestra curva en espiral.

¹³ El tipo de Curva es dependiendo del proyectista.



6.3 CURVA SIMPLE

El trazo de las curvas simples sobre el eje de proyecto, se identifican por el grado de curva que se presenta en todo el kilometraje, no mayor al 40% del grado máximo, así en nuestro caso, se obtuvieron algunas curvas con estas características.

El procedimiento de la elaboración de la curva en CivilCad® 2007 es similar a los pasos que se siguieron en las curvas con espirales siguiendo nuevamente la ruta de acceso a módulos de SCT, curvas horizontales y dibujar. Se indica el vértice donde se encuentre la curva para que aparezca el cuadro de datos.

Una vez apareciendo el cuadro (Fig. 6.18) de datos se completa con el tipo de camino, la velocidad de proyecto, el grado de curva, la sobre elevación, indicar el tipo de curva, la longitud de la curva, todo apgado nuevamente con las normas de SCT.

Figura 6.18. Datos para una curva simple.

Los datos de este tipo de curva también se pueden plasmar (Fig. 6.19) en el dibujo para completar nuestras indicaciones en el plano final posterior¹⁴

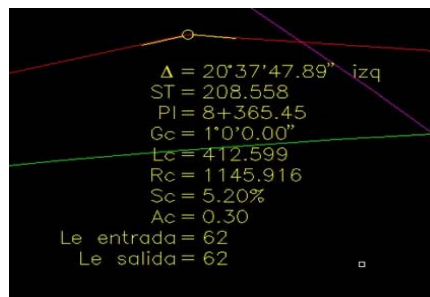


Figura 6.19. Datos que nos muestra CivilCad® 2007, para comprobar nuestra curva simple.

¹⁴ Estos datos fueron comprobados manualmente, teniendo un margen de error de 0.01.



6.4 CADENAMIENTOS

El cadenamiento en nuestro eje de camino nos servirá para referenciar el kilometraje donde se encuentren varias de las obras a realizar como drenaje, principio y fin de nuestras curvas horizontales y verticales, la ubicación de bancos de préstamos y sobre acarreos.

Nuestro cadenamiento lo tomamos como inicio representativo 0+000.00¹⁵ y CivilCad® 2007 automáticamente al dar la acción en altimetría, eje de proyecto y marcar estaciones (Fig. 6.20), nos va a indicar el procedimiento de seleccionar el eje.

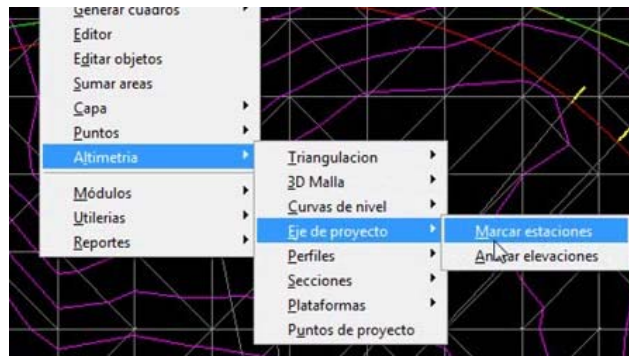


Figura 6.20. Ruta para marcar estaciones.

El principio de estación, la distancia entre cadenamiento que fue de 20 metros de separación. CivilCad® 2007 automáticamente realiza el cadenamiento en todo eje marcándolo como se ve en la Figura 6.21.

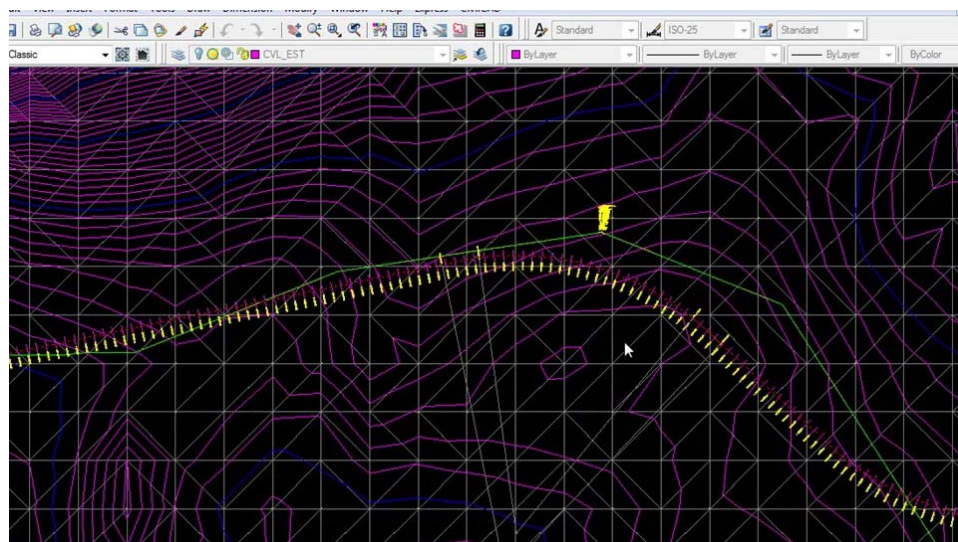


Figura 6.21. Cadenamiento final del eje de proyecto.

¹⁵ El cadenamiento puede comenzar en cualquier estación que se requiera.



6.5 PERFIL Y RETÍCULA

Una vez que se tiene el cadenamamiento a lo largo de todo nuestro eje de proyecto, procedimos a interpretar el perfil o elevación de nuestro camino, para observar las características físicas representativas del terreno.

Este perfil nos ayudara para poder contemplar obras de drenaje y saber que tipo de obra se colocara, que podría ser, un tubo, una bóveda, una losa. Se podrá observar el tipo de pendiente que presenta, pero sabiendo de antemano que la localización entre Chichimequillas y Atongo, es un tipo de terreno plano, la pendiente mínima esperada y que se encuentra dentro de las normas de trazo en vías férreas es del 2%.

Para la realizar el perfil, en CivilCad® 2007 se fue a la acción de alimetría, perfiles, terreno y dibujar automáticamente el programa pide seleccionar el eje del camino (Fig.6.22)

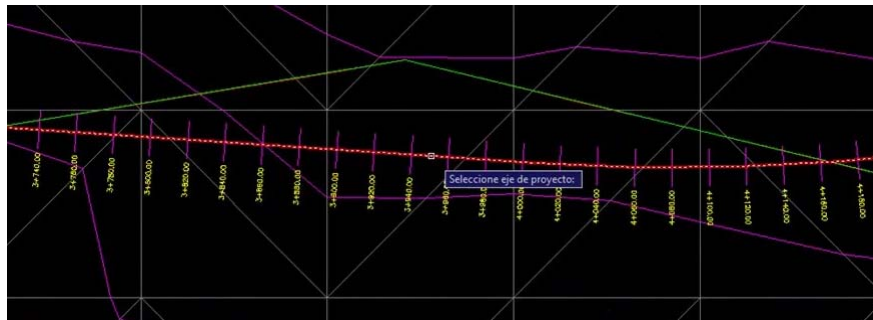


Figura 6.22. Eje del camino realizado con los pasos anteriores.

Se nos pide la escala a la que se quiere representar el perfil, tomando como escala horizontal de 2000 y escala vertical de 200¹⁶, se necesita colocar un punto fuera de las curvas de nivel donde no se traslape con esto nuestro perfil, apareciendo así, la representación grafica de todo el terreno.

Al igual que el cadenamamiento, se requiere saber de las elevaciones en cada punto o puntos de interés, así que CivilCad® 2007 da la opción de realizar una retícula sobre el perfil hecho. Las acciones a seguir fueron, ir a alimetría, perfiles y retícula. Seleccionando el perfil (Fig. XXIII)



Figura 6.23. Selección del perfil del terreno para obtener la retícula.

¹⁶ Estas escalas fueron tomadas por manera práctica, para que se vea el perfil por que es muy plano.



Apareciendo un cuadro de datos al cual solo se corroboran los datos como inicio de cadenamientos y distancia entre estaciones (Fig. 6.24)



Figura 6.24. Datos que va a contener la retícula.

Una vez hecha la retícula se necesita ver los datos conjuntamente, entonces se va a altimetría, perfiles, proyecto y dibujar entonces CivilCad® 2007 coloca los datos a la retícula colocada de nuestro perfil. (Fig. 6.25).

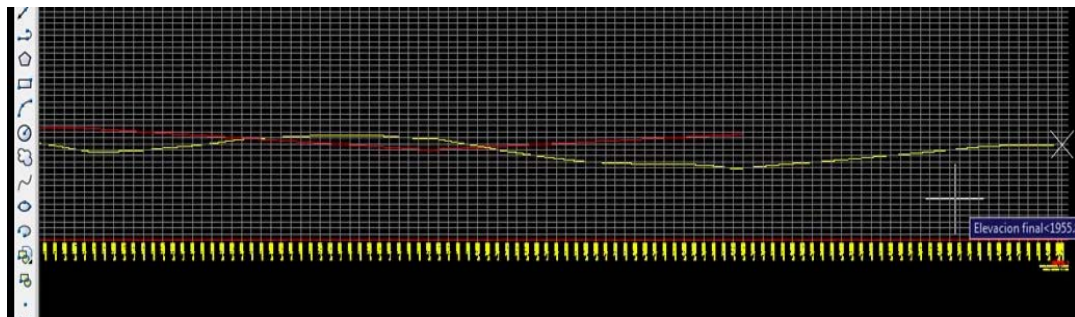


Figura 6.25. Perfil con retícula.

Dentro de nuestro perfil que dio CivilCad® 2007 se realizó el trazo del alineamiento vertical el cual es la proyección sobre el plano vertical (perfil) del desarrollo de nuestro camino, nombrada también subrasante, siendo la línea que define la altura que tendrá un camino sobre o bajo el nivel del suelo.

Los elementos que forman el alineamiento vertical son las tangentes verticales y las curvas parabólicas que ligan dicha tangente¹⁷.

Las tangentes verticales se caracterizan por su longitud y pendiente y están limitadas por 2 curvas sucesivas. Su longitud es la distancia comprendida entre el fin de la curva anterior y el principio de la siguiente y su pendiente es la elevación entre el desnivel y la distancia de la misma.

¹⁷ Estas curvas se realizan dependiendo del tipo de camino, terreno y material.



6.6 CURVA VERTICAL

Una curva vertical es la liga de dos tangentes mediante arcos de parábola tanto por la suavidad que se obtiene en la transición como por la facilidad del cálculo. Las curvas verticales contribuyen a la importancia en el alineamiento vertical como las curvas circulares en el alineamiento horizontal.

Entonces ubicando las tangentes y los vértices donde se localizan las posibles curvas verticales, se realiza las acciones de módulos, carreteras SCT, curvas verticales y dibujar. En seguida aparece un cuadro de datos (Fig. 6.26) que se debe llenar conforme a los datos de proyecto como son: la velocidad de proyecto¹⁸ y datos anexos del propio cuadro dados por default.

Figura 6.26.- Cuadro para dar los datos de las curvas verticales

Se selecciona el perfil indicando el vértice de la curva, también se puede colocar el dato de las pendientes de entrada y salida de las curvas. (Fig.6.27)

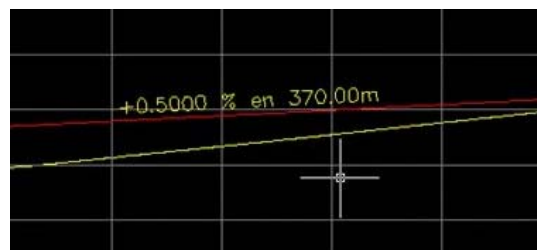


Figura 6.27.- Datos de la pendiente y longitud de las tangentes.

¹⁸ En este alineamiento, por cambio de pendientes muy pequeñas, se utilizó el largo mínimo de curva de 60m



Por último¹⁹ se colocan los datos de la curva indicando el PI, el PCV y PTV, en altimetría, perfiles anotar e informe. CivilCad® 2007 anotara los datos (Fig. 6.28) en todas las curvas existentes en todo el perfil.

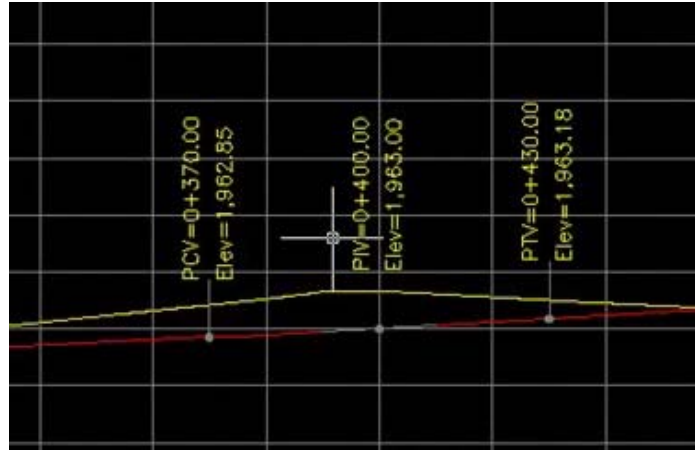


Figura 6.28.- Se corroboran los datos de las diferentes curvas verticales.

6.7 SECCIONES

Las secciones se formaron a partir del perfil y trazo de tangentes, el tipo de secciones que se realizaron en CivilCad® 2007 son representativas de nuestro eje de trazo o propuesta de vía ferroviaria, ya que CivilCad® 2007 solo sirve para carreteras²⁰.

De cualquier manera en este programa nos podemos basar para saber posteriormente, los volúmenes de áreas que conforman cada sección de la vía, así como una tabla previa donde solo se escogerán algunos valores para construir una tabla definitiva de curva masa.

Las secciones están compuestas por capas de acuerdo a las partes que conforman la vía ferroviaria que va partiendo de la capa superior a la inferior como sigue²¹: hongo o riel, balasto, subbalasto, capa subrasante, capa subyacente.

A esto se debe tomar en cuenta el tipo de letras de geotecnia que tiene nuestro proyecto, en este caso son las letras ABGFK²², para contemplar el tipo de espesor de cada capa por norma tanto de geotecnia, como en las capas superiores que indican las normas de ferrocarriles en su superestructura (balasto, subbalasto, altura de hongo).

En CivilCad® 2007 se realizan dichas secciones de la manera siguiente: se va a altimetría, secciones, volúmenes, procesar eje, pide seleccionar el perfil y entonces aparece una ventana de datos (Fig. 6.29) donde se construirán las secciones en sus espesores y características respetando las normas, además de la inclusión de los taludes y otras características que se nombran a continuación.

¹⁹ No es necesario este paso para continuar, con el proyecto pero es recomendable para comprobar los datos.

²⁰ Se baso en un tipo de carreteras A2, el más parecido a una vía de ferrocarril.

²¹ No todas las capas son necesarias depende de la geotecnia.

²² Dadas por estudios en el terreno.



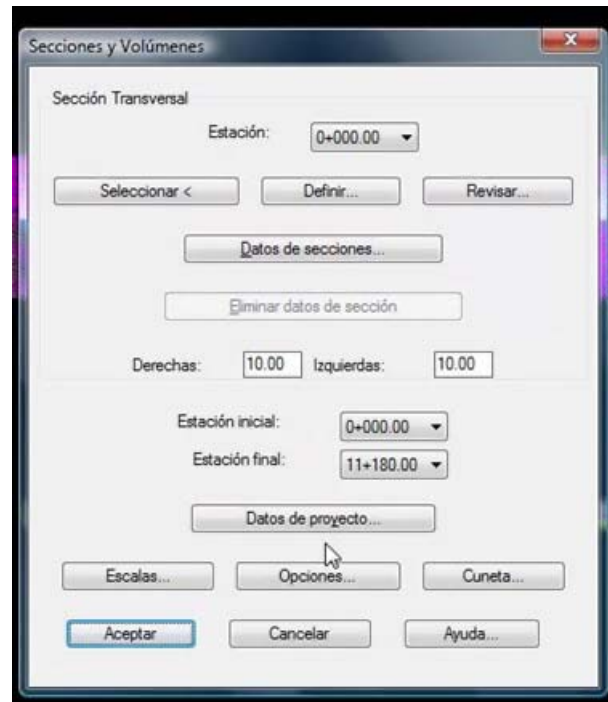


Figura 6.29.- Cuadro de datos de Secciones.

Primero se elige la opción datos de secciones para ir construyendo capa por capa, enseguida aparece una ventana donde se anotaran los valores de distancia y pendiente, CivilCad® 2007 hará un dibujo representativo donde podremos ver como va quedando la sección²³ (Figura 6.30)

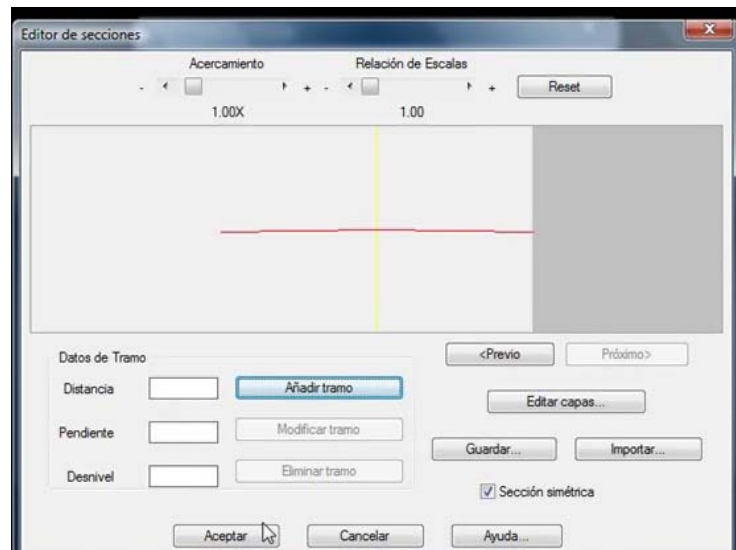


Figura 6.30. Sección representativa.

²³ Se tomo como pendiente representativa de bombeo -2 y-2, por cuestiones practicas.



En la edición de las capas, el programa tiene contempladas las capas de carreteras, así que, se anexaron las capas de superestructura de la vía por medio de añadir tramo, apareciendo el cuadro de edición. (Fig. 6.31) Aquí podemos ir incluyendo las capas que nos hacen falta como el hongo, balasto y subbalasto, poniendo un color único para cada capa

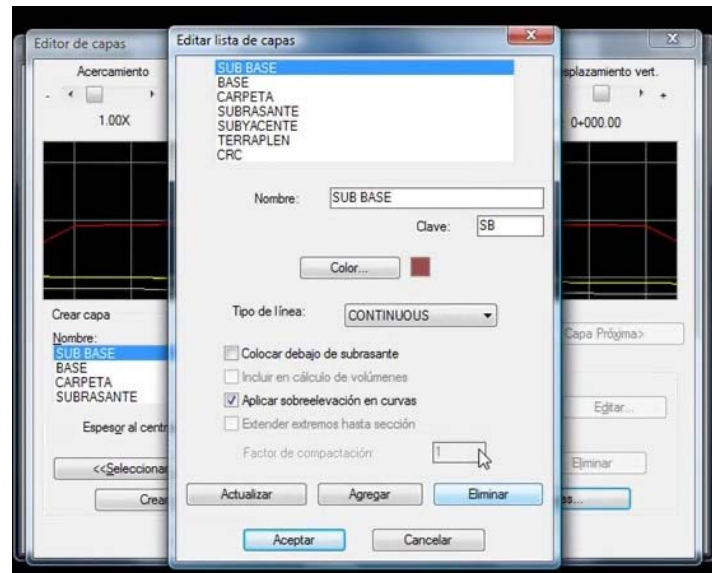


Figura 6.31.- Lista de capas necesarias para incluir en la sección.

En seguida volverá la ventana anterior mostrando como va quedando cada capa. Sucesivamente esto se repetirá para cada capa restante, además de contemplar los espesores específicos.

Cada vez que se añade un tramo el proceso es repetitivo apareciendo la ventana de edición de capas y mostrando como va quedando la sección, cada una con sus características de espesor. Como se muestra en la figura 6.32.

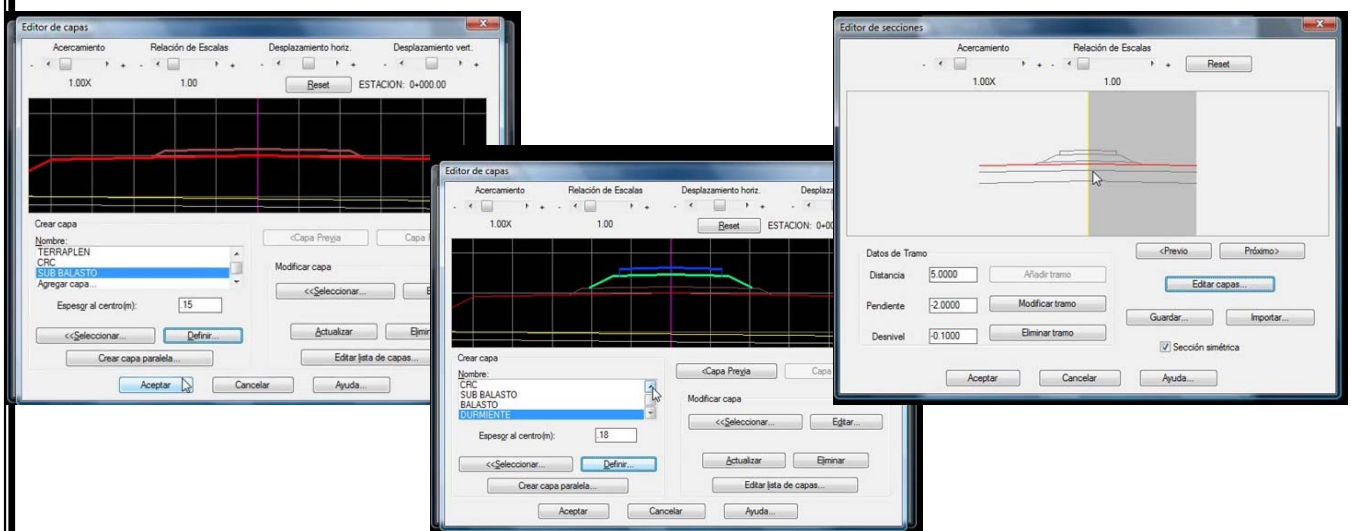


Figura 6.32. Procedimiento para realizar las diferentes capas de secciones.



Como se menciona al principio de este apartado se es posible contemplar los datos de sección como sus taludes en corte y terraplén, siendo de 1:1 en corte y de 2:1 en terraplén. (Fig. 6.33)

Figura 6.33.- Datos de sección.

Después se puede ingresar datos como el tipo de obra, el nombre del eje, autor y una propuesta de ordenada curva masa, además del factor de abundamiento. Como se ve en la siguiente figura 6.34

Figura 6.34.- Datos de Proyecto.



La escala es importante para que en todas las secciones se pueda apreciar las capas que se indican con sus respectivos valores y cuadrícula, entonces en el cuadro de datos correspondiente a escala (Fig. 6.35) se pone 100 en forma horizontal y 100 en escala vertical²⁴.



Figura 6.35.- Escalas.

CivilCad® 2007 puede imprimir varios documentos y características que se deseen que aparezcan en el perfil y las secciones, así es que solo se necesita activar todas las casillas dentro del cuadro de datos de opciones²⁵ (Fig. 6.36)

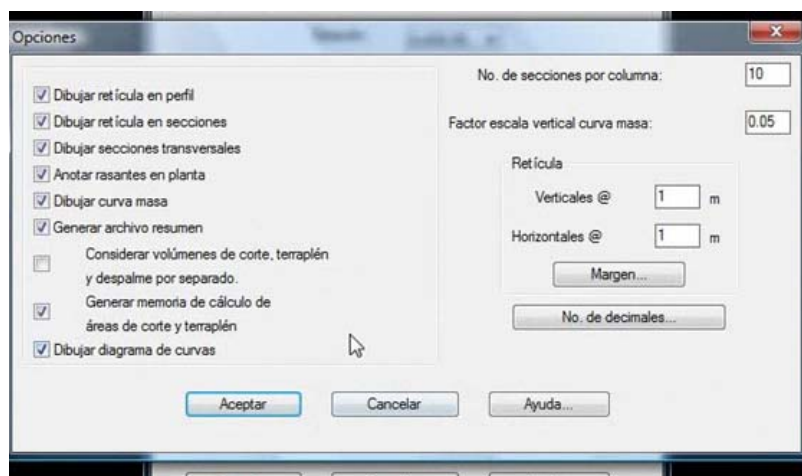


Figura 6.36.- Opciones de datos que nos proporcionara de las secciones.

²⁴ Es una escala de referencia puede ser la que mas se acomode al proyecto.

²⁵ En el proyecto se utilizan todos los archivos proporcionados por CivilCad® 2007 por eso marcamos las casillas.



Las secciones son muy susceptibles si no se les indica que es lo que se requiere representar en el dibujo, así que en el caso de la terminación en cada extremo es necesario colocar el tipo de cuneta correspondiente en el cuadro definir cuneta (Fig. 6.37)

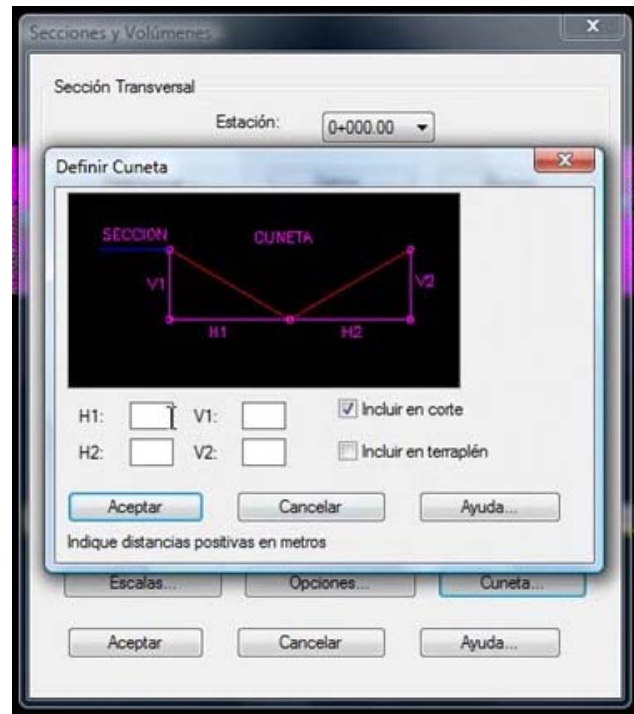


Figura 6.37.- Tipo de cuneta a aplicar.

Con esto último se puede decir que queda por terminado el proceso de realización de las secciones en CivilCad® 2007, aceptando por hecho y correcto, todos los pasos que se realizaron. Entonces el programa comienza a elaborar gráficamente (Fig. 6.38) las secciones, cantidades de volúmenes y la tabla en Excel de la curva masa además de un perfil de curva masa (Fig. 6.39), que se analizará en el siguiente apartado, donde se desecharán algunos valores y se tomarán los que se necesiten para la corrección de los datos en una nueva tabla.

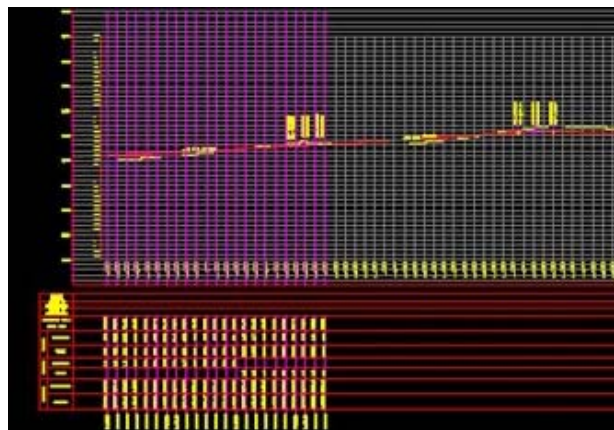


Figura 6.38.- Se realizan las diferentes secciones.



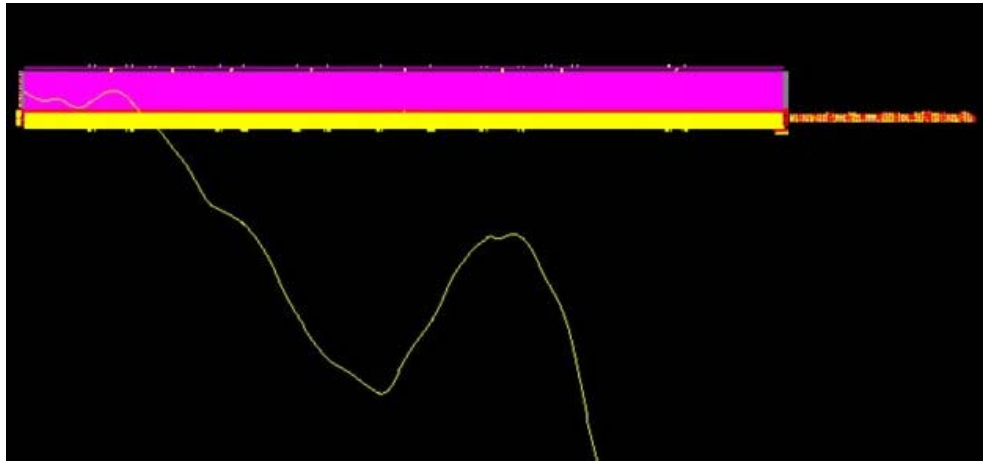


Figura 6.39.- Perfil, Secciones y Curva Masa²⁶.

Al final este es el ejemplo (Fig. 6.40) de cómo quedo una sección que el programa de CivilCad® 2007 realiza.²⁷

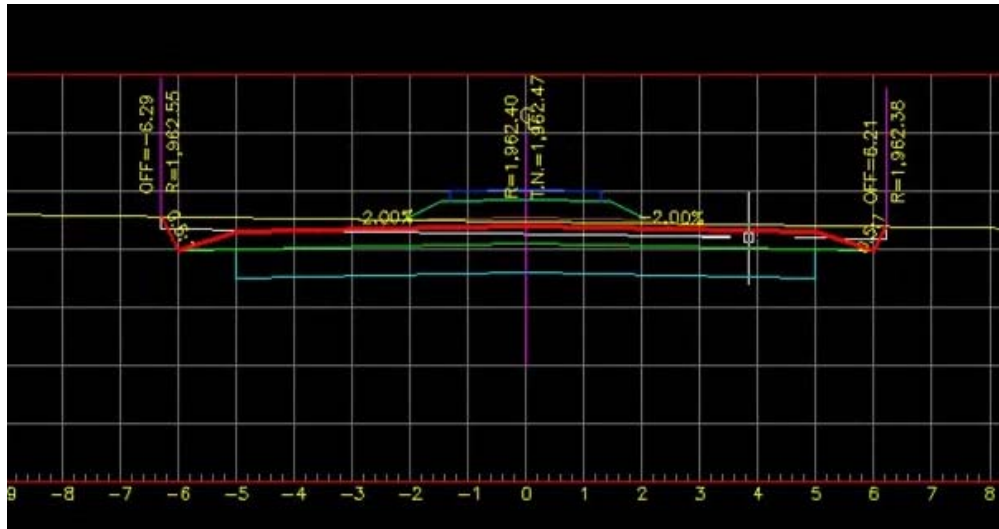


Figura 6.40.- Sección Terminada del proyecto realizada con CivilCad® 2007.

²⁶ Esta Curva Masa no la utilizaremos por que incluye los volúmenes de Hongo, Balasto, Subbalasto, que son solos representativos.

²⁷ Sección con diferentes errores de áreas pero que se arreglara con la hoja de calculo de la curva masa.





6.8 CURVA MASA

La curva masa esta definida como un diagrama, el cual en las ordenadas nos representa los volúmenes acumulados de tanto de cortes como de terraplén. En las abscisas representa los kilometrajes de los puntos de estudio.

Haciendo las observaciones correspondientes se deberá determinar esta curva, primeramente ajustando la escala adecuada al cual se plasmara del perfil del terreno. Ya que partir de este se procederá a cuantificar.

Estos valores serán tomados de la hoja de cálculo para la curva masa, graficando el valor de la columna de ordenada curva masa.

El trazado de la curva masa se realizara a partir del perfil, marcando los 20m de acarreo libre sobre la curva masa, el calculo de los sobre acarreos, texto de banco de préstamo, texto del diagrama de banco de préstamo, etc.

CivilCad® 2007 genero una hoja de calculo (Fig. 6.41) donde solo se extraen los cadenamientos y totales de áreas para formar una hoja corregida²⁸, donde se anexa el exasteco correspondiente a nuestras letras ABGFK

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N		
16	SBY	SUBYACENTE														
17	SBR	SUBRASANTE														
18	SBA	SUB BALASTO														
19	SAL	BALASTO														
20	DUR	DURMIENTE														
22	COORDENADA INICIAL DE CURVA MASA			100,000.00	AREAS											
23	SECCIONES DE TN		ELEVACIONES		ESPEORES		DESPALME		C	I	SBY	SBR	SBA	SAL	DUR	Fa
24	LEVANTADAS EN CAMPO		TN	SUBRASANTE	C	T	DC	DT								abun
25																er
26																
28	0+000.000	1959.951	1961.000	0.00	1.05	0.00	2.57	0.00	4.93	5.85	3.14	0.72	1.06	0.47		
29	0+020.000	1960.069	1961.100	0.00	1.03	0.00	2.56	0.00	4.69	5.85	3.14	0.72	1.06	0.47		
30	0+040.000	1960.187	1961.200	0.00	1.01	0.00	2.55	0.00	4.44	5.85	3.14	0.72	1.06	0.47		
31	0+060.000	1960.306	1961.300	0.00	0.99	0.08	2.45	0.00	4.13	5.85	3.14	0.72	1.06	0.47		
32	0+080.000	1960.520	1961.400	0.00	0.88	0.73	1.74	0.00	2.72	5.84	3.14	0.72	1.06	0.47		
33	0+100.000	1960.676	1961.500	0.00	0.82	1.45	0.99	0.00	2.00	5.82	3.14	0.72	1.06	0.47		
34	0+120.000	1960.812	1961.600	0.00	0.79	2.41	0.00	0.00	1.57	5.81	3.14	0.72	1.06	0.47		
35	0+140.000	1960.947	1961.700	0.00	0.75	2.39	0.00	0.03	1.17	5.80	3.14	0.72	1.06	0.47		
36	0+160.000	1961.134	1961.800	0.00	0.67	2.34	0.00	0.28	0.40	5.74	3.14	0.72	1.06	0.47		
37	0+180.000	1961.338	1961.900	0.00	0.56	2.28	0.00	1.06	0.00	5.65	3.14	0.72	1.06	0.47		
38	0+200.000	1961.550	1962.000	0.00	0.45	2.21	0.00	2.24	0.00	5.52	3.14	0.72	1.06	0.47		
39	0+220.000	1961.765	1962.100	0.00	0.34	2.14	0.00	3.39	0.00	5.36	3.12	0.72	1.06	0.47		
40	0+240.000	1961.980	1962.200	0.00	0.22	2.07	0.00	4.46	0.00	5.18	3.08	0.72	1.06	0.47		
41	0+260.000	1962.211	1962.300	0.00	0.09	2.26	0.00	5.75	0.03	5.04	3.17	0.72	1.06	0.47		
42	0+280.000	1962.466	1962.400	0.07	0.00	2.50	0.00	7.48	0.04	5.00	3.29	0.72	1.06	0.47		
43	0+300.000	1962.695	1962.500	0.20	0.00	2.53	0.00	9.07	0.02	5.00	3.29	0.72	1.06	0.47		
44	0+320.000	1962.902	1962.600	0.30	0.00	2.55	0.00	10.40	0.02	5.00	3.29	0.72	1.06	0.47		
45	0+340.000	1963.109	1962.700	0.41	0.00	2.57	0.00	11.74	0.02	5.00	3.29	0.72	1.06	0.47		
46	0+360.000	1963.316	1962.800	0.52	0.00	2.59	0.00	13.10	0.02	5.00	3.29	0.72	1.06	0.47		
47	0+380.000	1963.522	1962.901	0.62	0.00	2.61	0.00	14.52	0.02	5.00	3.29	0.72	1.06	0.47		
48	0+400.000	1963.665	1963.008	0.66	0.00	2.62	0.00	14.87	0.02	5.00	3.29	0.72	1.06	0.47		
49	0+420.000	1963.556	1963.121	0.44	0.00	2.57	0.00	12.09	0.02	5.00	3.29	0.72	1.06	0.47		

Figura 6.41.- Hoja que nos muestra CivilCad® 2007 la cual se corrige.

²⁸ La hoja de CivilCad® 2007 no sirven todos los datos por lo que se toman solo los necesarios.





Para generar gráficamente la ordenada curva masa se colocó en una hoja nueva el cadenamiento y las últimas columnas de la tabla, se enviaron a una hoja de bloc de notas (Fig. 6.42) para poder importar los puntos a Autocad® 2007 y así se genere la nueva ordenada curva masa y se desechó la que generó CivilCad® 2007.

ESTACION	ORDENADA CURVA MASA
0	200000
20	199723.995
40	199452.936
60	199187.416
80	198939.24
100	198712.605
120	198497.72
140	198291.748
160	198100.959
180	197933.352
200	197790.976
220	197674.293
240	197583.033
260	197516.961
280	197562.484
300	197722.482
320	197910.947
340	198125.361
360	198365.945
380	198633.456
400	198918.159
420	199179.32
440	199386.487
460	199457.618

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda
9760	71389.05094			
9779	71910.15612			
9780	71951.69554			
9800	72536.09043			
9820	73137.89451			
9840	73742.27625			
9860	74335.74861			
9880	74923.24761			
9900	75507.52727			
9920	76076.62135			
9940	76585.52942			
9960	76999.2599			
9980	77319.40085			
10000	77551.68543			
10020	77621.5739			
10040	77523.78644			
10060	77333.93742			
10080	77055.19898			
10100	76685.55024			
10120	76218.59959			
10140	75647.99217			
10160	74978.26022			
10180	74215.22247			
10200	73355.0191			
10220	72394.00369			
10240	71349.00821			
10260	70239.16504			
10280	69065.15333			
10300	67827.04277			

Figura 6.42.- Hoja de calculo corregida y datos finales, para realizar una nueva Curva Masa.

Posteriormente se importan estos puntos a Autocad® 2007 en la opción dibujar puntos de terreno. En la Figura 6.43 se muestra como queda gráficamente la nueva curva masa, lógicamente para proceso práctico se tuvo que adecuar la escala de la grafica de tal manera que se pudieran observar los puntos o áreas que nos servirán para representar nuestros sobre acarreo o bancos de préstamo.

De modo que en la Figura 6.44 se puede apreciar como se ve escalada la grafica de ordenada curva masa.



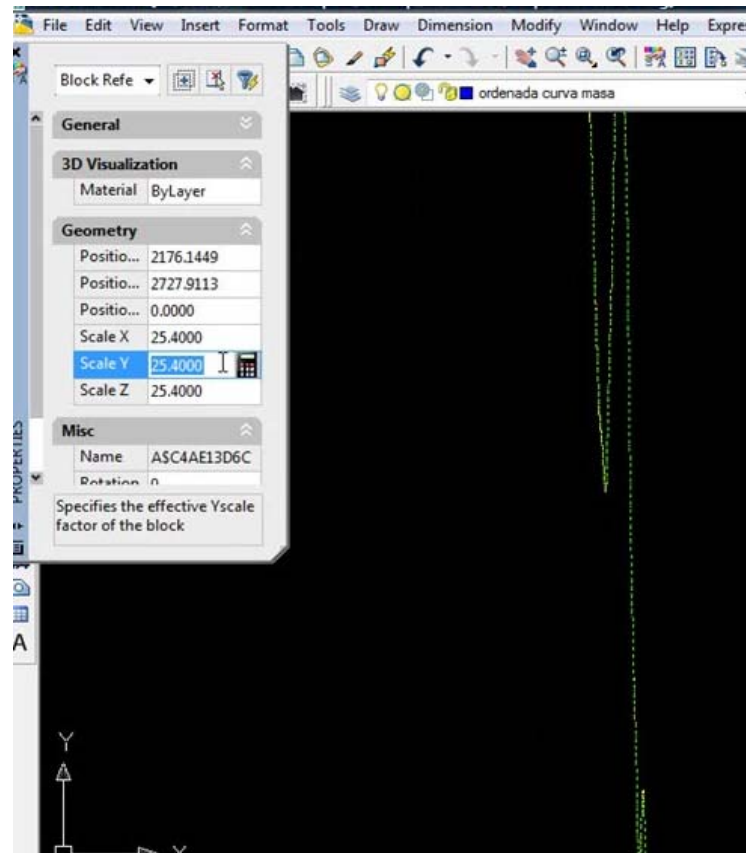


Figura 6.43.- OCM con la exportación de puntos.

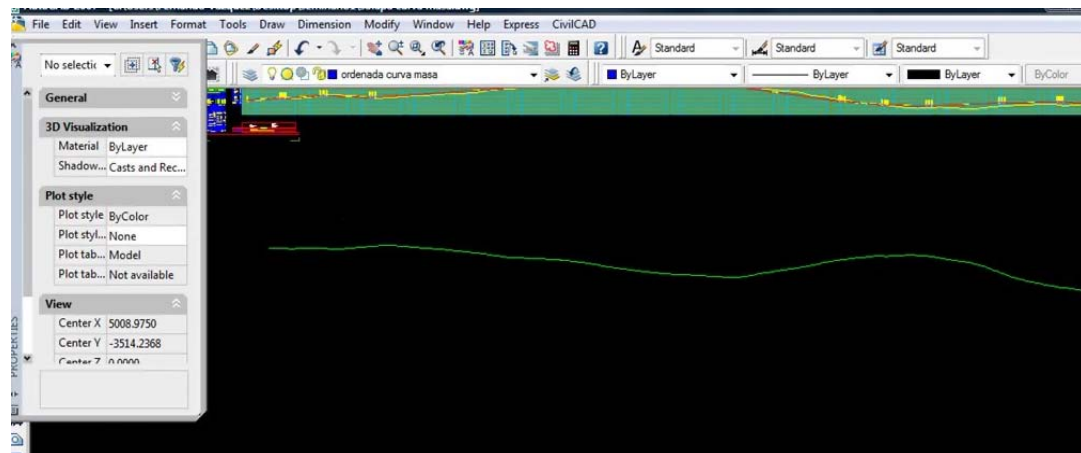


Figura 6.44.- OCM Final con la escala practica necesaria para el proyecto.

Como es presumible, la economía en la construcción de un camino ferroviario, la función directa del movimiento de tercerías provoca costos que se derivan en transportación de material, por ejemplo, al realizar un corte, una parte del material resultante servirá para hacer el terraplén contiguo, pero para construir el terraplén faltante, podríamos:



- emplear el material restante del corte.
- emplear el material de préstamo (ya sea lateral o de banco).

El seguir una u otra alternativa, dependerá de la distancia que se tenga que acarrear el material en cada caso, pues no debemos pasar por alto, la enorme importancia del transporte, en el aspecto económico. Para poder definir el grado de economía en un acarreo, es decir; el “límite económico del sobre acarreo”, debemos aclarar, previamente, algunos conceptos.

Se llama acarreo libre, aquel cuyo costo queda incluido en el de la excavación, y consecuentemente, la distancia de acarreo libre, es aquella hasta donde se puede mover el material, sin originar pagos extras.

Se fija en cada caso, en forma convencional, entre el constructor y el contratista, pero lo más común, es darle el valor de una estación (20m.).

Todo acarreo que exceda esta distancia, se llama sobre acarreo, y naturalmente se paga independientemente al concepto “excavación-acarreo libre”.

La forma de pago se establece tomando diversas unidades, como por ejemplo:

m³/estación, válida desde la distancia de acarreo-libre, hasta 5 estaciones (20+100=120).

m³/hectómetro, válida desde los 120mts., hasta 520-hectómetros.

m³/ 5 hectómetro, válida desde los 520mts., hasta 10-hectómetros.

m³/kilómetro, válida desde los 1120mts. (20+100+1000) en adelante.

Entonces la grafica de curva masa es de gran utilidad para calcular la distancia de sobre acarreos.

En la *figura 6.45* se puede apreciar donde se corta y donde se terraplena o donde es material de banco o cual es de desperdicio.

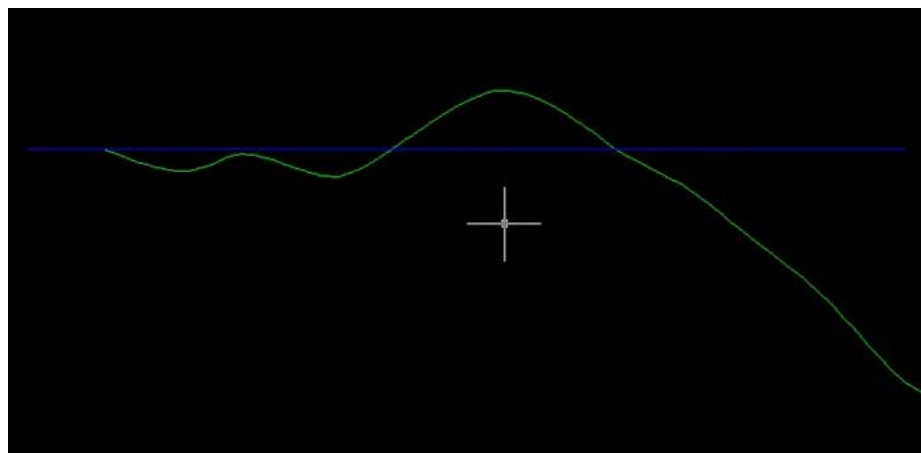


Figura 6.45.- OCM final con línea compensadora.

Hasta esta parte del proyecto nos puede ayudar el programa CivilCad® 2007²⁹.

²⁹ CivilCad® 2007 realiza sobre acarreos pero no son confiables por eso se realizaron manualmente.





7.- DISEÑO DE ESTRUCTURAS ESPECIALES DE FERROCARRILES, PUENTES, ETC.





7. DISEÑO DE ESTRUCTURAS ESPECIALES DE FERROCARRILES, PUENTES, ETC.

INTRODUCCION.

El diseño estructural se realiza a partir de un adecuado balance entre la funciones propias que un material puede cumplir, a partir de sus características naturales específicas, sus capacidades mecánicas y el menor costo que puede conseguirse. El costo de la estructura siempre debe ser el menor, pero obteniendo el mejor resultado a partir de un análisis estructural previo.

El diseño estructural debe siempre de obtener un rendimiento balanceado entre la parte rígida y plástica de los elementos, ya que en muchas ocasiones, un exceso en alguno de estos dos aspectos pueden conducir al fallo de la estructura.

Armaduras¹.

Una armadura es una construcción reticulada conformada generalmente por triángulos formados por elementos rectos y que se utiliza para soportar cargas. Las armaduras pueden ser planas o espaciales. Ejemplos típicos de armaduras son: puentes, cerchas, torres de transmisión, cúpulas de estadios, etc. En las siguientes figuras se presentan algunos ejemplos de armaduras² típicas.



Figura 7.1.1. Armadura tipo Pratt.



Figura 7.1.2. Armadura tipo Howe.



Figura 7.1.3. Armadura tipo Warren.

Puentes de armaduras³.

¹ http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ingenieria/2001734/lecciones/tem01/lec01_4_1.htm

² Los elementos de la armadura son cuerpos sometidos a dos fuerzas; esto quiere decir que cada elemento solo puede estar sometido a tensión o a compresión.

³ <http://www.geocities.com/jescud2000/lospuentes/pontsstructs.htm>



Puentes de armadura rígida.

Combinan las planchas y estribos de los puentes de placas con las vigas y estribos de los de viga; esta combinación forma unidades sencillas sin articulaciones de unión entre las piezas. Se construyen de hormigón armado o pretensado o de armaduras de acero rodeadas de hormigón. De origen muy reciente, resultan sumamente útiles para separar en niveles los cruces de carreteras y ferrocarriles. En estos cruces suele ser conveniente que la diferencia de niveles sea mínima y los puentes de la clase que nos ocupa son susceptibles de recibir menor altura en un mismo tramo que los otros tipos.

Puentes de armadura sencilla.

Las armaduras de los puentes modernos adoptan muy variadas formas. Las armaduras Pratt y Warren, de paso superior o inferior, son las más utilizadas en puentes de acero de tramos cortos. La Howe sólo se emplea en puentes de madera; sus miembros verticales, construidos con barras de acero, están en tensión, al igual que el cordón inferior, que es de madera.

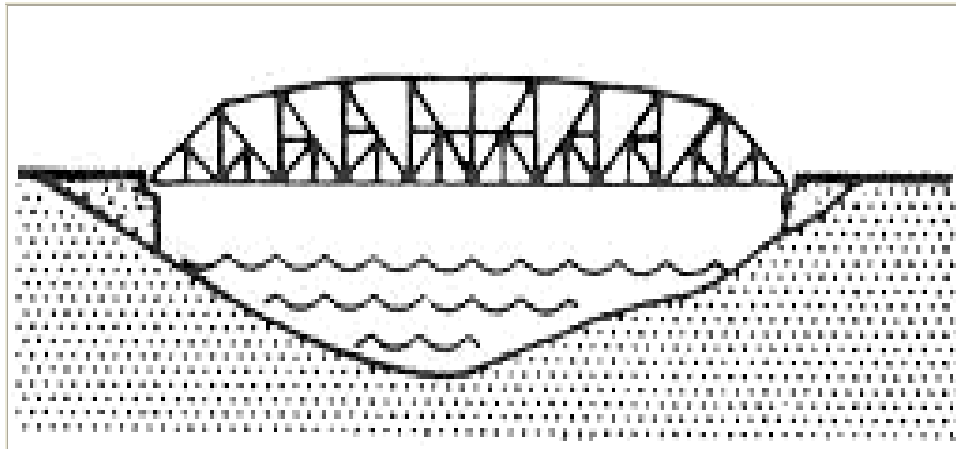


Figura 7.1.4. Imagen de un tipo de un puente de armadura sencilla.



Para los puentes de tramos largos se emplea la armadura Parker, de cordón superior curvo, también llamada armadura Pratt, y para los de vanos largos y viga de celosía sencilla se utilizan estructuras con entrepaños subdivididos, como la armadura Warren; la Petit con cordones paralelos, también denominada de Baltimore, la Petit con cordón superior inclinado, que también se llama de Pensilvania, y la viga de celosía en «K». En la Petit y la Warren subdividida, los órganos verticales cortos que aparecen en las figuras respectivas se suelen prolongar hasta el cordón superior para servirle de soporte. Las armaduras para vanos largos están subdivididas en forma que la longitud de los largueros no sea excesiva; a medida que aumenta la anchura del vano, debe hacerlo la altura de la armadura tanto para evitar las flexiones excesivas como por razones de economía. La Warren subdividida, Petit y «K» pueden ser de tablero inferior superior y de diverso número de entrepaños en la armadura según las necesidades de cada caso. Los miembros metálicos de los puentes con viga de celosía se construyen de muy diversas formas. Los de madera adoptan secciones rectangulares.

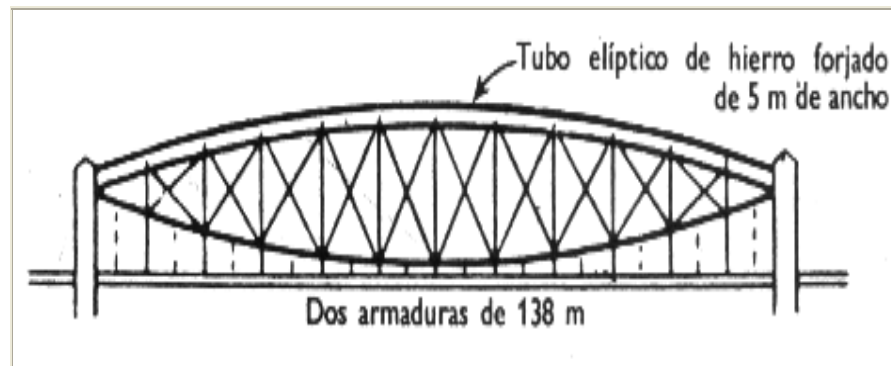


Figura 7.1.5. Puente con armadura lenticular.

Existen dos métodos para el análisis estático de las armaduras, el método de las juntas y el método de las secciones.

En la actualidad tenemos la ventaja de poder aplicar nuevos software como el STAAD Pro, el cual es una herramienta muy importante y útil que nos facilita realizar los cálculos de estas estructuras, ahorrando tiempo, dinero y esfuerzo, proporcionando una mayor precisión.





7.1. ANALISIS Y DISEÑO DE VARIOS TIPOS DE ESTRUCTURAS UTILIZANDO EL PROGRAMA STAAD PRO.

STAAD.Pro⁴ es el más popular software de ingeniería estructural producto de la generación de modelo 3D, el análisis y la multi-material de diseño. Tiene una interfaz intuitiva, fácil de usar GUI, herramientas de visualización, poderosos análisis y diseño de instalaciones y una integración sin fisuras a varios otros de modelado y diseño de productos de software. El software es totalmente compatible con todos los sistemas operativos Windows, pero está optimizado para Windows XP. Véase el nuevo STAAD.Pro de 2006, de la comodidad de su propia casa u oficina en una libre demostración interactiva en línea o ver algunos tutoriales en línea.

Para el análisis dinámico o de puentes, estructuras de contención, estructuras incrustadas (túneles y alcantarillas), bastidores de tubos, acero, hormigón, aluminio o madera de los edificios, torres de transmisión, los estadios o cualquier otro simple o compleja estructura, STAAD.Pro ha sido la elección de profesionales del diseño de todo el mundo para sus necesidades de análisis.

Características técnicas del programa.

STAAD/Pro⁵ es el resultado de más de veinte años de experiencia en la ingeniería de programas estructurales; por ello y debido a sus altos estándares de calidad se ha convertido en el programa #1 alrededor del mundo en el diseño y análisis de estructuras. STAAD/Pro 2002 cubre todas las necesidades de la oficina de ingeniería de estructuras.

Las facilidades del STAAD/Pro incluyen Generación de Modelos, Diseño y Análisis Avanzado de Elementos Finitos.

Análisis en 2D y 3D basado en el método de las matrices.

- Vigas, cerchas, vigas adelgazadas, conchas/placas.
- Generación de carga por vientos según la ASCE.
- Relajamiento de momento.
- Miembros de sólo compresión o tensión.
- Totalmente compatible con Windows 2000 y ME.
- Introducción de datos compatible con Excel y Lotus 1-2-3.
- Asistente para crear mallas con huecos y superficies curvas.

⁴ Información obtenida de la ayuda del programa STAAD Pro.

⁵ http://www.tusoftware.com/index.php?_t=p&_p=28&_pp=2





Diseño del concreto:

- Diseño del concreto según ACI 318 y de zapatas por ACI.

Diseño del acero:

- Tablas de acero incluyendo AISC y muchas otras más.
- Diseño de la soldadura según AISC-ASD Sólo en STAAD.Pro.
- Nuevos códigos IBC2000, AISI de acero en frío, AASHTO 2000, y códigos de diseño de soldadura.
- Análisis no lineales de cables.
- P-Delta para placas.
- Módulos de cargas para puentes.
- Calculadora integrada de propiedades de secciones.

Verificación de los resultados:

- Movimiento de doblado y de la fuerza cortante de miembros individuales y de la estructura completa.
- Animación de deflexión, modo de vibración y esfuerzos de contorno.
- Gráficos de desplazamiento vs tiempo, velocidad vs tiempo; aceleración vs tiempo para análisis dinámico.

Análisis dinámico:

- Extracción de frecuencia y modo de vibración.
- Espectro de respuesta y análisis histórico.
- Radio de amortiguación para modelos individuales.
- Combinación de cargas estáticas y dinámicas.





Tipos de carga y generación de cargas:

- Cargas en uniones.
- Cargas sísmicas, UBC 1997/AIJ/IS1893.

Adicionalmente STAAD.Pro le ofrece módulos opcionales en el diseño de componentes, totalmente integrado con STAAD.

Los cálculos estructurales pueden ser exportados a través del lenguaje CIMSteel a StruCad para la realización de planos de taller y cortado de piezas con StruCam y StruCad.

STAAD.Pro⁶ concentra todas las necesidades de producción de la oficina de ingeniería de cálculo de estructuras. Las prestaciones del núcleo de STAAD.Pro 2004 incluyen Generación de Modelos, Análisis Estáticos y Dinámicos y Diseño en Acero y Hormigón.

STAAD.Pro es el único software de análisis y diseño estructural que cumple los rigurosos requerimientos que exige el certificado ISO 9001. El desarrollo, mantenimiento y soporte están basados en normas de alta calidad.

Además STAAD.Pro posee códigos específicos para cada país entre los que se incluyen los de España, Estados Unidos, Gran Bretaña, Canadá, Australia, Francia, Alemania, Noruega, Finlandia, Suecia, India, China, Japón, Dinamarca y Holanda, estando siempre en un continuo desarrollo de nuevos códigos para más países.

⁶ <http://www.taringa.net/posts/1521276>



7.2. DISEÑO DE ESTRUCTURAS RELACIONADAS CON FERROCARRILES.

En este proyecto nos enfocaremos a calcular y diseñar un puente de acero, el cual consta de armaduras tipo pratt, ubicado entre la localidad de La Larga y La Manuela, En la figura 7.1.6. se muestra la foto de nuestro puente.

Nuestro proyecto constará de armaduras de acero estructural conectadas entre si, realizaremos el diseño dinámico obteniendo con esto el comportamiento de todos sus elementos bajo las cargas que generara nuestro ferrocarril.



Figura 7.1.6. Puente ferroviario entre las localidades de La Larga y La Manuela, España.

Para el caso de los proyectos nuevos, el cálculo de los puentes y otras obras de arte debería tener en especial consideración las solicitaciones previstas en el futuro.

El progresivo aumento del peso de los trenes y de las cargas por eje ha llevado a la necesidad de calcular los puentes para solicitaciones cada vez mayores.

Si bien aún se conserva la definición de los trenes tipo A y tipo B, el cálculo de nuevas estructuras en los últimos tiempos se ha hecho con el tren tipo C, que tiene una distribución de cargas más acorde con los trenes modernos. El tren tipo C está formado por dos locomotoras a vapor de 24 t/eje, con tender de 18 t/eje y carros con 18 t/eje. Su distribución de cargas se resume a continuación.



CARACTERÍSTICAS DEL TREN TIPO C	
5 ejes de 24 t a 1,4 m c/u;	(1ª locomotora)
a 4,2 m, 4 ejes de 15 t a 1,4 m c/u;	(1º tender)
a 4,2 m 5 ejes de 24 t a 1,4 m c/u;	(2ª locomotora)
a 4,2 m 4 ejes de 15 t a 1,4 m c/u;	(2º tender)
a 2,1 m 2 ejes de 18 t a 1,4 m;	(bogie A de carro N° 1)
a 4,9 m 2 ejes de 18 t a 1,4 m;	(bogie B de carro N° 1)
a 2,1 m 2 ejes de 18 t a 1,4 m;	(bogie A de carro N° 2)
Así sucesivamente agregando ejes 2*18 ton.	

En Norteamérica se utiliza el tren-tipo Cooper E-80⁷ para el cálculo de estructuras.

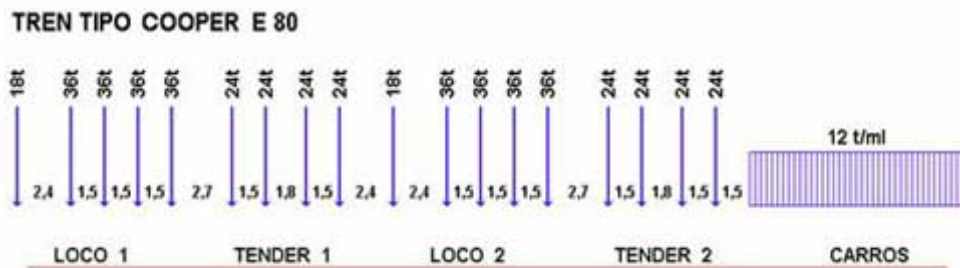


Figura 7.1.7. Cargas rodantes de tren tipo Cooper E-80

Por lo tanto para nuestro proyecto quedara de la siguiente manera:

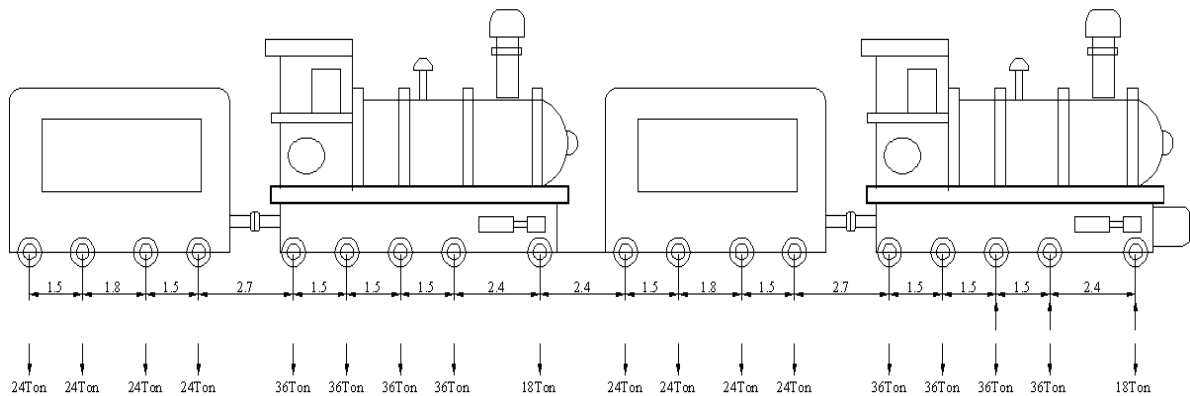


Figura 7.1.8. Ubicación de las cargas tipo Cooper E-80 para nuestro tren.

⁷ http://www.sectra.cl/contenido/metodologia/transporte_interurbano/redefe/seccion_2_2.htm





DISEÑO EN EL PROGRAMA STAAD PRO.

STAAD contiene una extensa variedad de recursos para el diseño de miembros estructurales, como componentes individuales de una estructura analizada. Los recursos con los que se cuenta para el diseño de miembros, le proporcionan al usuario la capacidad de llevar a cabo un gran número de operaciones de diseño diferentes. Estas opciones se pueden usar selectivamente de acuerdo con los requerimientos del problema de diseño. Las operaciones para realizar un diseño son:

Especificar los miembros y los casos de carga que serán considerados en el diseño.

Especificar si se ejecutará ya sea el chequeo de los códigos o la selección de miembros.

Especificar los valores de los parámetros de diseño, cuando éstos sean diferentes de los valores asignados por omisión.

Estas operaciones pueden repetirse por el usuario tantas veces como sea necesario, dependiendo de los requerimientos propios del diseño.

El diseño de acero puede realizarse basado en los códigos siguientes: AISC-ASD, AISC-LRFD y AASHTO. Una descripción breve de cada uno se presenta en las páginas siguientes.

Actualmente STAAD soporta el diseño de perfiles de acero de patín ancho (W), S, M, HP, ángulo, ángulo doble, canal, canal doble, las vigas con cubre placa, vigas compuestas y comprobación de códigos de propiedades prismáticas

En este capítulo diseñaremos un puente de ferrocarril, ubicado en la localidad de La Larga, España, lo haremos con la ayuda del programa STAAD Pro.





DIBUJO DE LA ARMADURA.

Una vez iniciado el programa debemos configurar nuestra área de trabajo para dibujar la armadura. Nuestra armadura la dibujaremos en los ejes X, Y, Z por lo tanto nuestro dibujo entrará en el espacio, después damos el nombre que le daremos a nuestro proyecto, seleccionamos las unidades de longitud, así como las unidades de fuerza y después daremos un clic en siguiente.

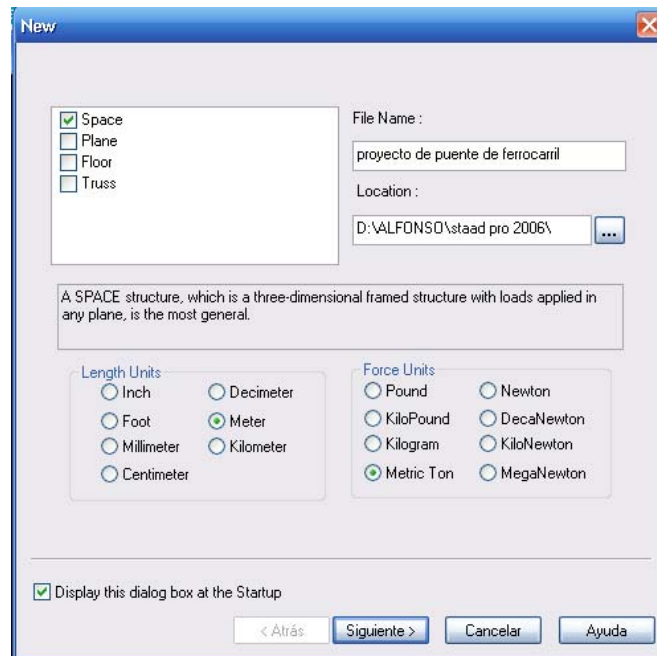


Figura 7.1.9. Menú de nuevo.

Una vez realizado lo anterior, se abrirá la ventana de la figura 7.2.1. (Where do you want to go?); aquí seleccionaremos la opción de Open Structure Wizard⁸ y por último daremos clic en finalizar.

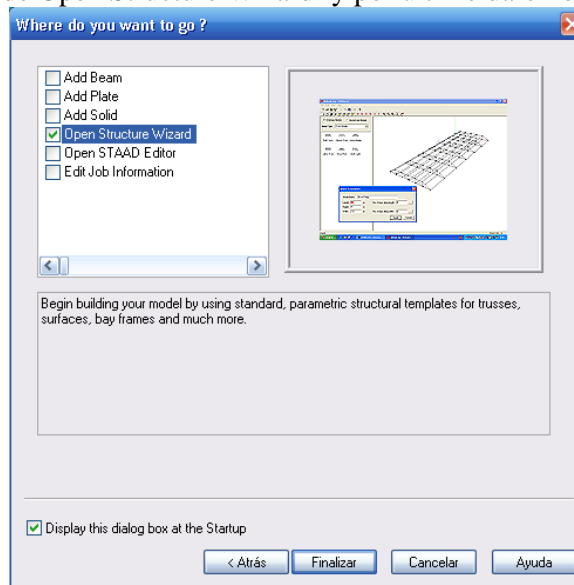


Figura 7.2.2. Ventana de selección de modo de trabajo.

⁸ Esta opción nos permite seleccionar armaduras prediseñadas que trae incluido el programa..



Ahora se abrirá la ventana de default.stp – StWizard, aquí elegiremos la estructura de nuestro puente que para nuestro caso es la Pratt Truss.

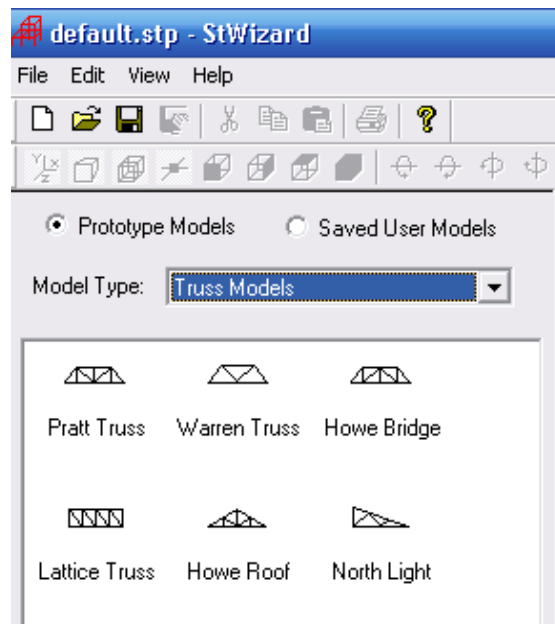


Figura 7.2.3. Selección del tipo de armadura a utilizar.

Una vez seleccionada nuestro tipo de armadura se abre otra ventana que nos pide los parámetros que utilizaremos en nuestra armadura, que para nuestro caso serán:

- Length (longitud): 20 m.
- Height (altura): 5.0 m.
- Width (ancho): 3.0 m.
- No. of bays along length (No. de secciones a lo largo): 5
- No. of bays along width (No. de secciones a lo ancho): 1

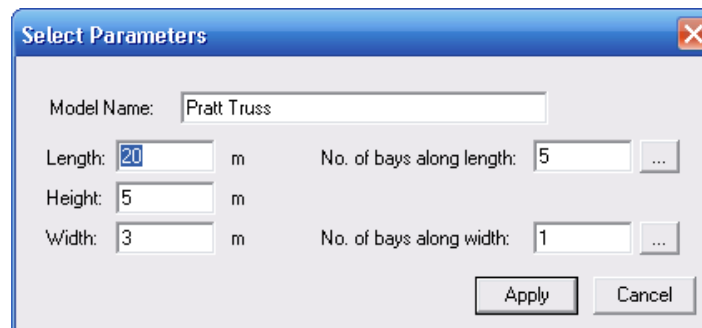


Figura 7.2.4. Parámetros de nuestra armadura.



Después damos clic en el botón Apply y se genera nuestra armadura en la ventana de la figura 7.2.3. ya con las medidas que nosotros especificamos.

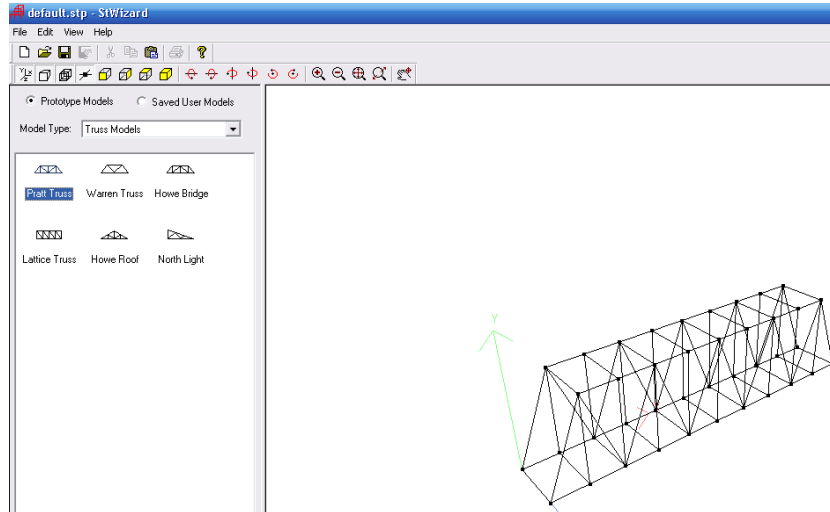


Figura 7.2.5. Armadura con los parámetros especificados.

Terminada nuestra armadura, estamos listos para mandarla hacia nuestra área de trabajo del STAAD Pro, entonces es esa misma ventana nos vamos a File y aparecerá la opción Merge Model WITH STAAD Pro Model, seleccionamos la opción y automáticamente mandara nuestra armadura hacia nuestra área de trabajo.

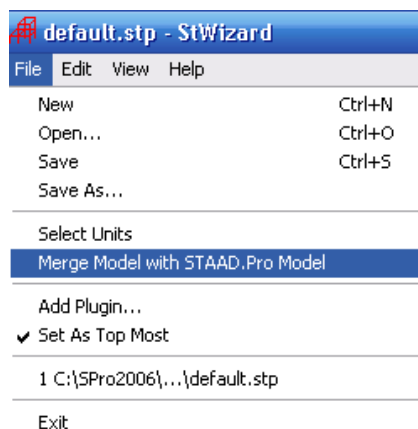


Figura 7.2.6. Rutina de importación de la armadura al área de trabajo.



ASIGNACION DE LOS PERFILES.

Para nuestro caso utilizaremos 3 diferentes tipos de perfiles⁹, el IR para todo el perímetro de nuestra armadura, el Angulo para nuestros largueros y el Canal para las diagonales.

STAAD PRO nos proporciona una amplia gama de formas seccionales que pueden especificarse para el análisis. Éstos incluyen el acero rolado, formas prismáticas que el usuario especifique, etc.

Entonces en el menú de Modeling se encuentra la pestaña llamada General, damos clic en esa pestaña y después seleccionamos otra pestaña llamada Property y nos aparece la ventana de la Figura 7.2.7.

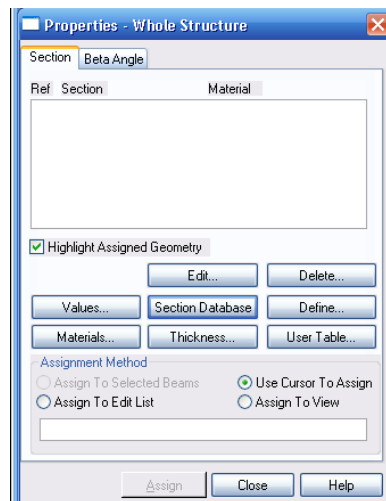


Figura 7.2.7. Ventana de propiedades.

En esta ventana nos vamos a la opción de Section Database y nos abrirá la ventana en donde se encuentran los diferentes perfiles que existen.

Para la especificación de propiedades del miembro de secciones de acero americanas estándar, puede usarse la biblioteca de secciones de acero disponibles en STAAD.

⁹ En el STAAD Pro los perfiles se asignan de la siguiente manera:

- Para el perfil IR utiliza el Wshade.
- Para el Angulo utiliza el Angle.
- Para el Canal utiliza el Chanel.



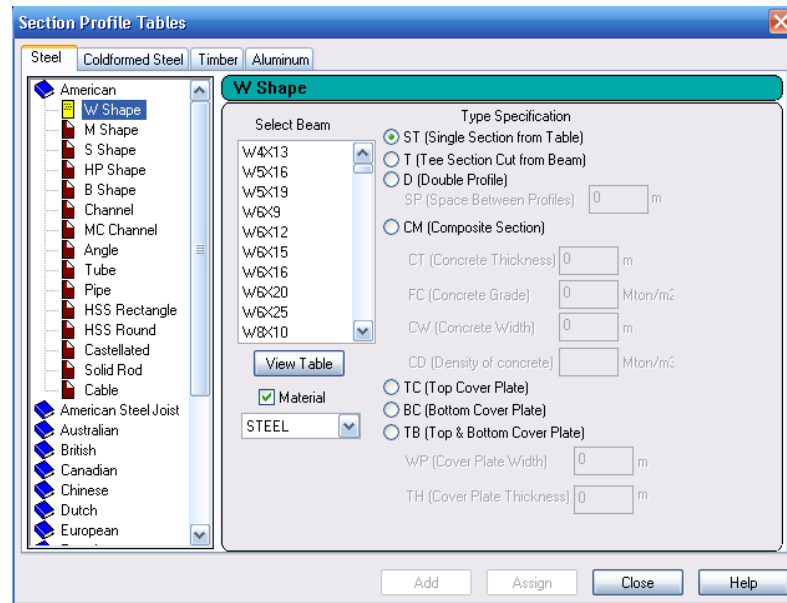


Figura 7.2.8. Selección de Perfiles.

Para nuestra armadura seleccionaremos el perfil W Shape y seleccionaremos la primera opción que es W4X13 y después damos un clic en Add para agregar ese perfil a nuestra lista y así realizaremos la misma rutina para agregar los demás perfiles.

Una vez agregados, aparecerán en la ventana de Propiedades - Whole Structure.

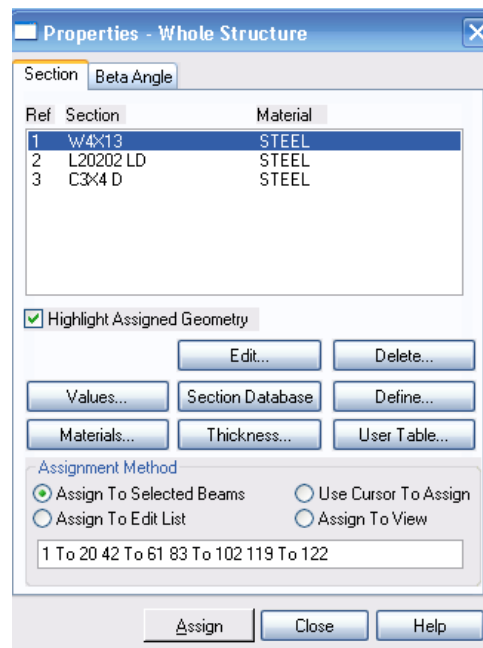


Figura 7.2.9. Ventana de propiedades¹⁰.

¹⁰ Aquí vemos como ya aparecen los diferentes tipos de perfiles, a diferencia de la Figura 7.2.7.



Después seleccionaremos todas las barras que queramos asignarle un tipo de perfil y ya seleccionadas usaremos la opción de Assign To Selected Beams y repetiremos la rutina para todos los perfiles.

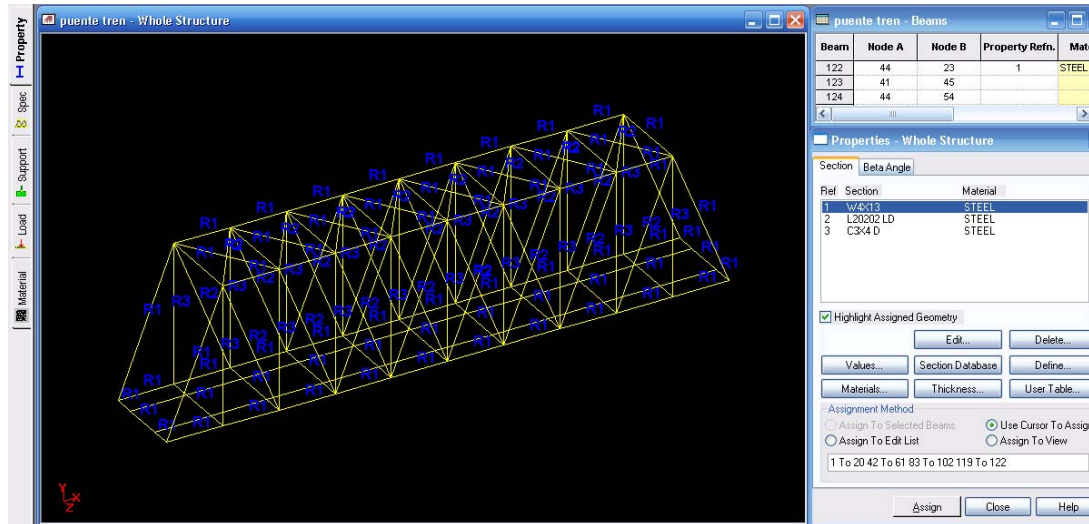


Figura 7.3.1. Armadura con los diferentes perfiles asignados.

ASIGNACION DE LOS APOYOS.

Para nuestro proyecto nuestra armadura se encuentra empotrada.

En el menú de Modeling, en la pestaña de General encontramos la pestaña Supports, damos clic y aparece una ventana llamada Supports – Whole Structure.

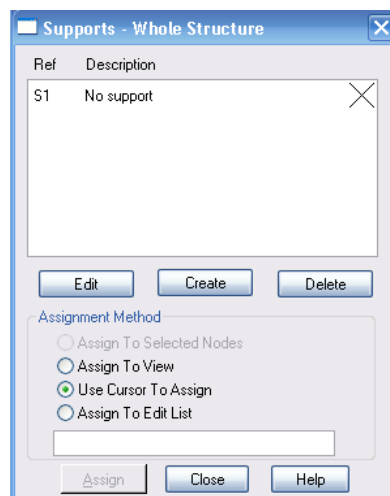


Figura 7.3.2. Ventana para creación de apoyos.



Una vez abierta la ventana damos un clic en la opción Create y nos abrirá la ventana de la siguiente figura.

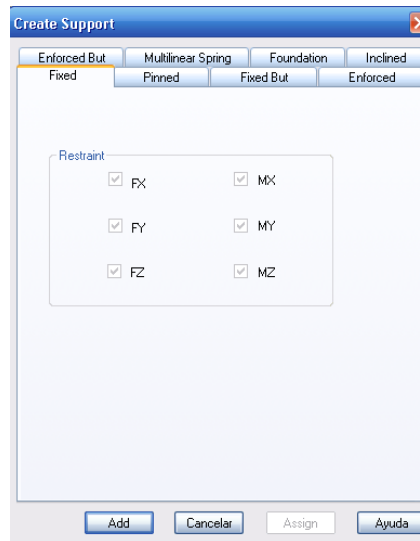


Figura 7.3.3. Menú para agregar el apoyo.

Seleccionamos la opción Fixed¹¹ y damos clic en Add y aparecerá el apoyo en la ventana de la figura 7.3.2. y ahí seleccionamos el apoyo y damos clic en la opción Use Cursor To Assign, y por último seleccionamos los nodos en donde irán cada uno de los soportes de nuestra armadura.

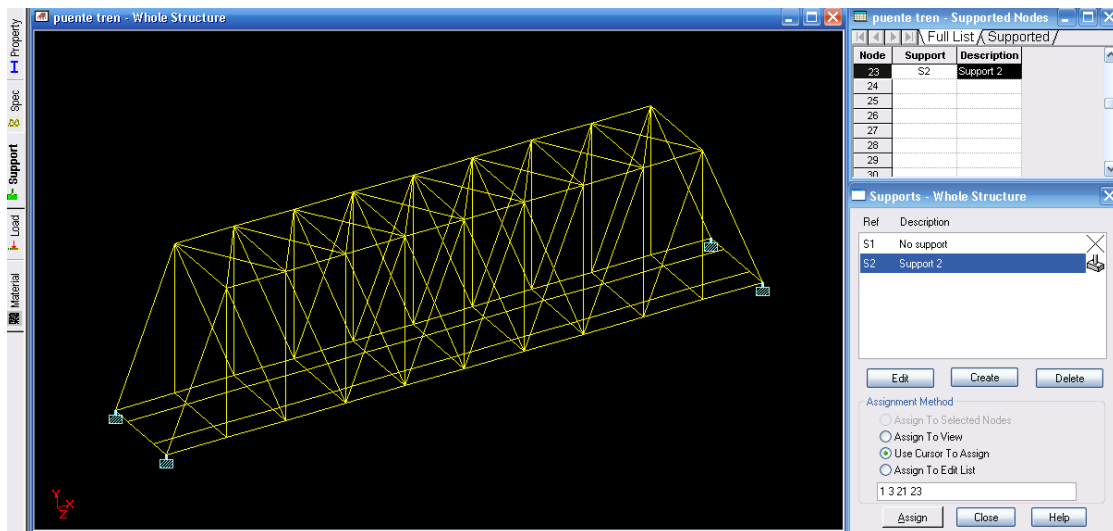


Figura 7.3.3. Armadura con los apoyos.

¹¹ Esta opción es para colocar un empotramiento.





ASIGNACION DE CARGAS.

Las cargas de un ferrocarril son especificadas por la American Railway Engineering Association (A.R.E.A.)¹² que menciona que las cargas muertas son los pesos de los distintos elementos estructurales que se encuentran unidos a la estructura. Para nuestro proyecto tomaremos la carga de los rieles y los durmientes de 300 kg/m. Las cargas vivas son las cargas rodantes que genera nuestro ferrocarril sobre los rieles.

Para asignar las cargas antes debemos de crear los diferentes tipos de carga, esos serán, la carga muerta, la carga viva y por ultimo el peso propio de la estructura.

En el lado izquierdo de la pantalla aparece la pestaña Load, le damos un clic y aparece la ventana Load del lado derecho de la pantalla, damos clic en new y abre la ventana de la figura 7.3.4. aquí le vamos a poner el nombre a nuestra carga que en este caso será la carga muerta y le damos clic en Add.

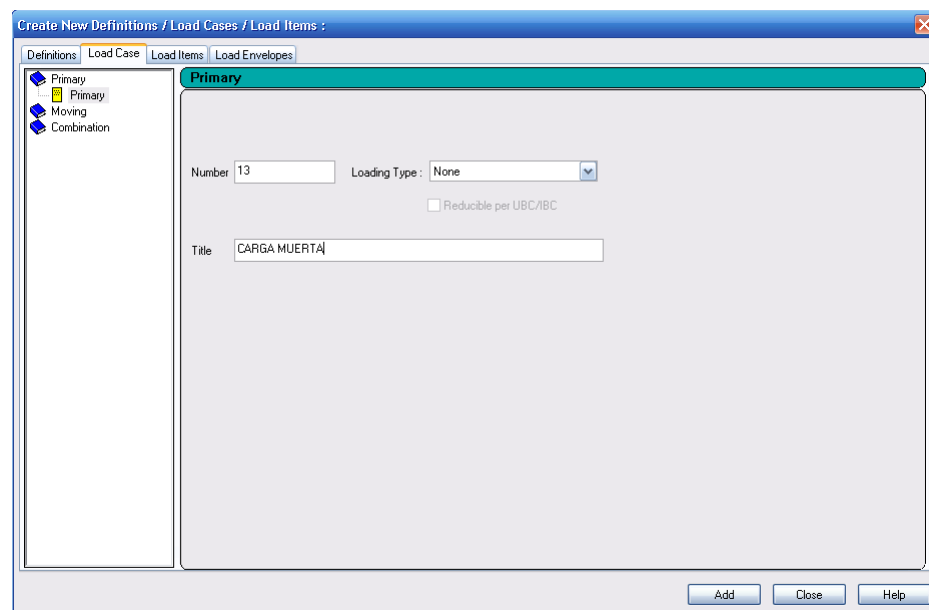


Figura 7.3.4. Creación de cargas.

¹²Asociación estadounidense de ingeniería ferroviaria. (American railway engineering association).



Una vez creada la carga esta se genera en la ventana Load, ahí la seleccionamos y después damos clic en Add y aparecerá la ventana de Add New : Load Ítems.

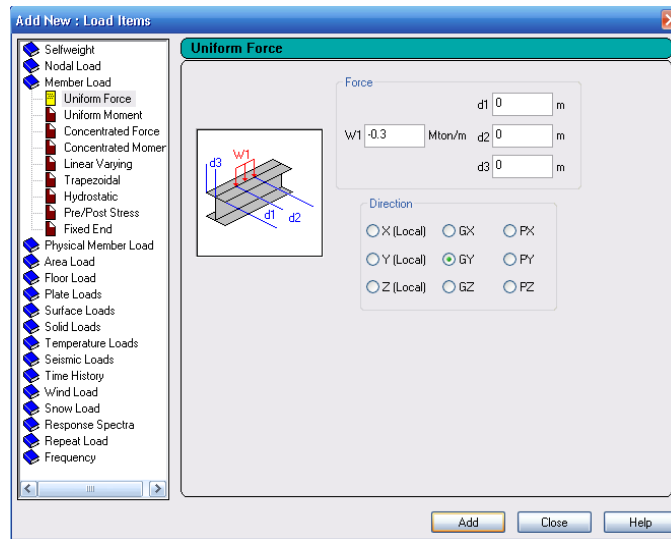


Figura 7.3.5. Ventana para agregar las cargas.

Aquí seleccionamos la opción Member Load, y después seleccionamos la opción Uniform Force¹³ y le damos el valor de -0.3 ton/m que es igual a 300 kg/m que nos marca el código de la A.R.E.A. y el signo de menos es para que la dirección de la carga sea hacia el sentido de la fuerza de gravedad. Hecho esto damos clic en Add y posteriormente en la ventana Load seleccionamos la carga y la asignamos con la opción Use Cursor To Assign sobre el eje donde actuara dicha carga.

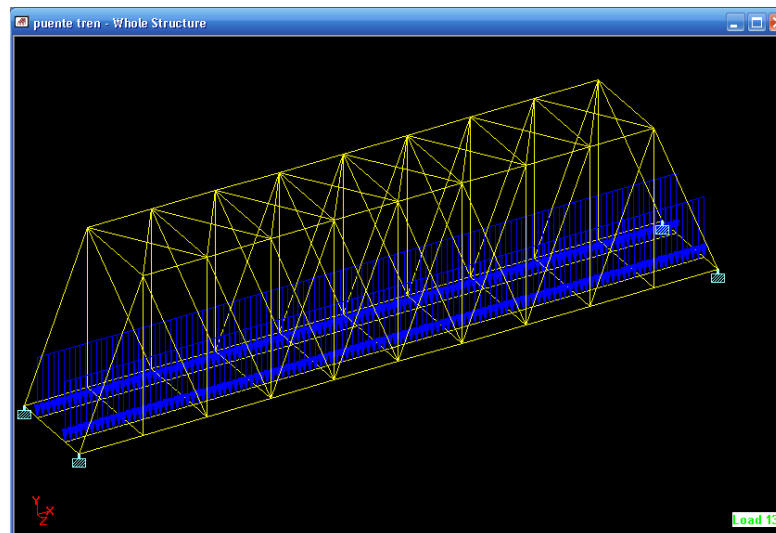


Figura 7.3.6. Carga muerta asignada.

¹³ Esta opción es para agregar cargas uniformemente distribuidas.



Para la carga rodante debemos seguir otra rutina, primero nos vamos a la pestaña Load y en la ventana tenemos que darle un clic en Add se abrirá la ventana de la figura 7.3.4. aquí nos vamos a la opción Moving, después Load Generation y Clic en Add.

Este rasgo le permite al usuario que genere las cargas móviles en los miembros de una estructura. El sistema(s) de carga móvil consiste en cargas concentradas a las distancias especificadas fijas en ambas direcciones en un plano y pueden definirse por el usuario. Si un usuario especificó el número de casos de carga primarios, como consecuencia se generarán por el programa y se tendrán en cuenta en el análisis. Las cargas de La Asociación Americana de Carreteras Estatales y Oficiales del Transporte (AASHTO, 1983) están disponibles dentro del programa y pueden especificarse usando las designaciones de AASHTO normales.

Una vez realizado lo anterior, en la ventana Load seleccionamos la carga y damos clic en la opción New de la misma ventana. Nos aparecerá la ventana de la figura 7.3.4. y nos vamos a la pestaña Definitions en la parte superior izquierda, después a la opción Moving y nos pedirá que definamos las cargas.

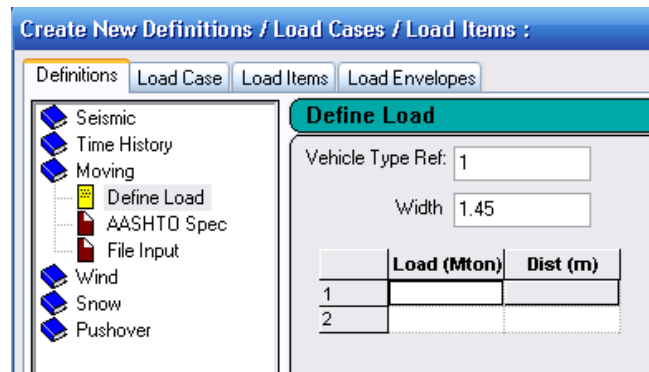


Figura 7.3.7. Asignación de los valores de la carga rodante.

En esta ventana nos pide el tipo de vehículo, que en este caso dejaremos el tipo 1, el ancho de los ejes, y en el cuadro de abajo tenemos que meter los valores de las cargas rodantes de tren tipo Cooper E-80. Ver figura 7.1.7. Que es el que elegimos para nuestro proyecto.

Realizado lo anterior, la carga se genera en la ventana Load, la seleccionamos y nos damos clic en la opción Edit e inmediatamente se abrirá la ventana de la figura 7.3.8.

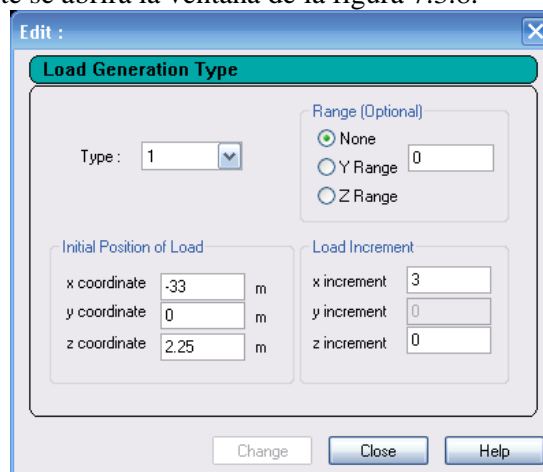


Figura 7.3.8. Generación de carga rodante.





Esta ventana nos sirve para darle las coordenadas a la carga y así colocarla en donde va a actuar en nuestro proyecto, así como los incrementos que va a ir teniendo para que actúe a lo largo de nuestro puente, que para este caso el incremento será a cada 3 m.

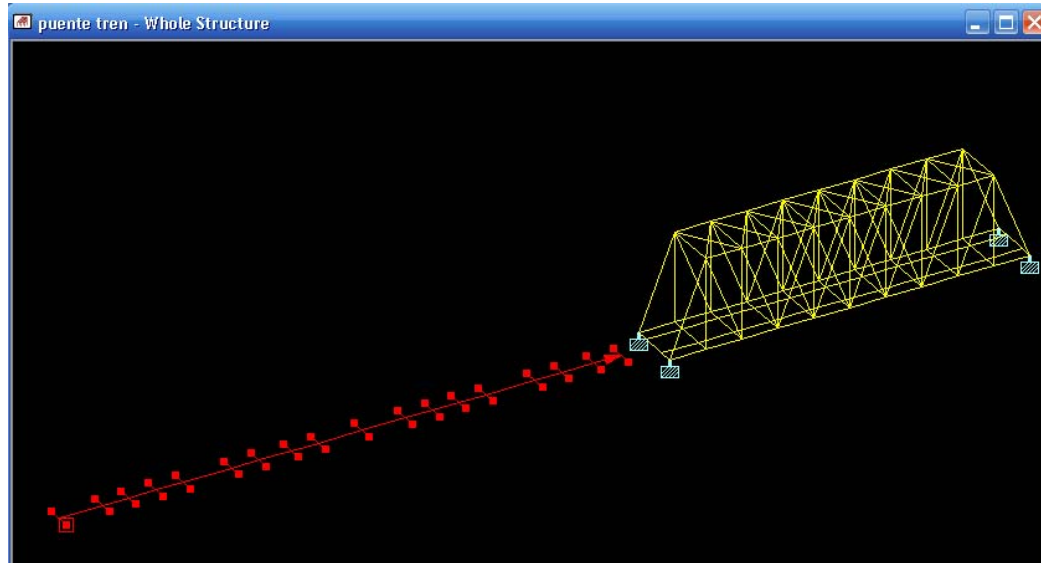


Figura 7.3.9. Carga rodante asignada.

Por último asignaremos la carga del peso propio, para ello nos vamos a la pestaña de Load y en la ventana de Load damos clic en New para generarla, una vez que aparece la ventana de la figura 7.3.4. le damos el nombre de peso propio y después damos clic en la opción Add, una vez agregada la carga a la lista, se selecciona en la ventana Load y se le da clic en la opción Add y nos abre la ventana Add New : Load Ítems seleccionamos la opción Selfweigth Load y el STAAD Pro nos da el valor predeterminado de -1 y finalmente damos clic en Add.



ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA.

Una vez terminado con la asignación de los perfiles, de los soportes y de las cargas, se procede a analizar la estructura, para esto en la barra de tareas se encuentra la opción Analize , la seleccionamos y despliega la opción de Run Analysis, la seleccionamos y se despliega una ventana que nos da dos opciones para analizar, nosotros escogeremos la que el programa trae por default, y por ultimo damos clic en el botón Run Analysis.

Las siguientes opciones de ANÁLISIS están disponibles en STAAD.

- 1) Análisis de Rigidez / Análisis Estático Lineal
- 2) Análisis Estático de Segundo Orden
 - P-Delta Análisis
 - Análisis No-Lineal
 - Soporte de Resorte Multi Lineal
 - Sólo Miembro/Resorte Tensión/Compresión
- 3) Análisis Dinámico
 - A través del Tiempo
 - Espectro de Respuesta

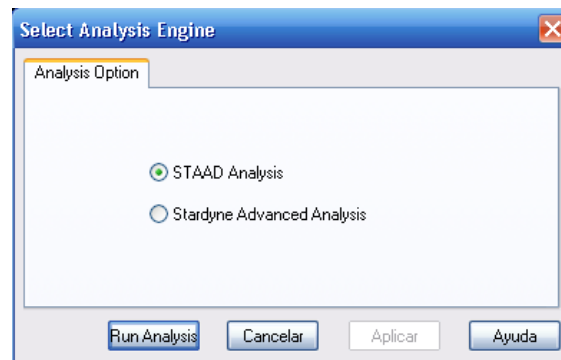


Figura 7.4.1. Opciones para análisis del elemento.

Ya realizado el análisis nos da dos opciones, una es Stay in Modelling Mode¹⁴ y la otra es Go to Post Processing Mode¹⁵, nosotros activamos esta opción para ver los resultados que nos arroja el programa y después damos clic en Done.

¹⁴ Regresar al área de trabajo donde estábamos.

¹⁵ Ir a la parte gráfica del programa (post - procesador) que nos da información detallada del análisis.



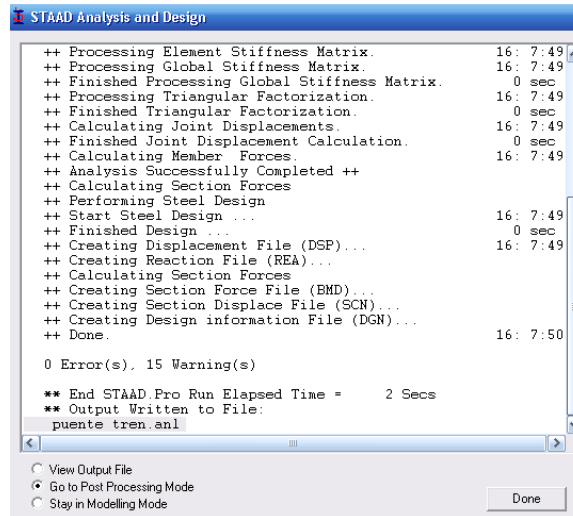


Figura 7.4.2. Corrida del programa STAAD Pro.

DISEÑO DE LA ESTRUCTURA.

Analizada la estructura seguimos con el diseño, para nuestro proyecto diseñaremos nuestra estructura con basádonos en las especificaciones del LRFD¹⁶, para esto nos regresamos a la pestaña Modeling, buscamos la pestaña Design y nos abre la ventana de Steel Design – Whole Structure, en la parte superior de la ventana esta una opción que dice Current Code: y aquí nos da varias opciones de diseño, nosotros elegimos el Mexican LRFD.

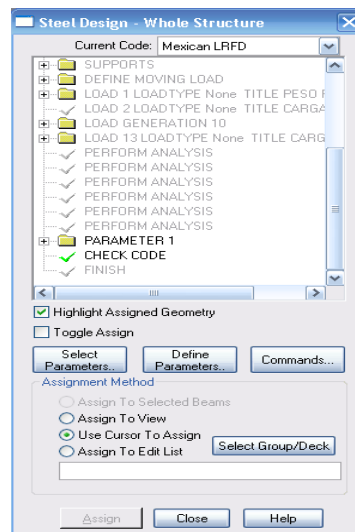


Figura 7.4.3. Opciones de diseño.

¹⁶ Load and Resistance Factor Design. (Diseño por Factores de Carga y Resistencia).



Después daremos un clic en el botón Select Parameters y se abrirá una ventana donde aparecen distintos parámetros de selección para el diseño, aquí elegiremos la opción Track – Track Parameter¹⁷ y enseguida damos un clic en OK.

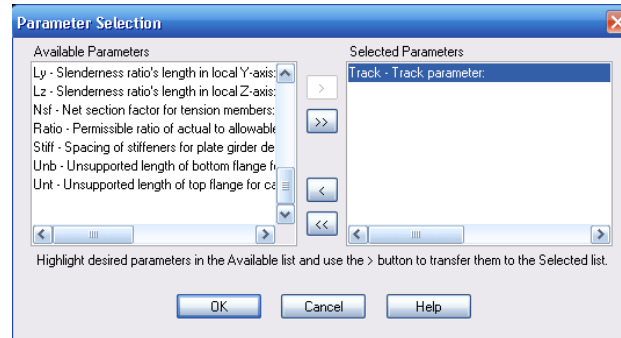


Figura 7.4.4. Selección de los parámetros de diseño.

Ahora regresamos a la ventana Steel Design – Whole Structure y seleccionamos la opción Define Parameters y nos abre la ventana Design Parameters, aquí seleccionamos la opción (2) Print Expanded Output¹⁸ y damos clic en Assign y después en Close.

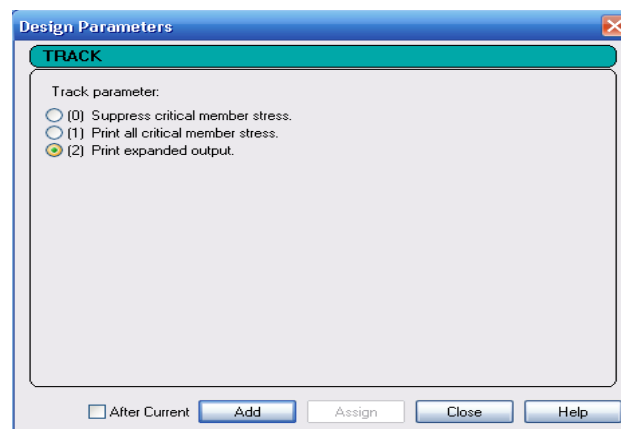


Figura 7.4.5. Diseño de los parámetros.

¹⁷ Esta opción nos da los valores predeterminados de diseño que trae el programa STAAD Pro.

¹⁸ Esta opción es la mas completa para realizar el diseño de la estructura.



Por último damos un clic en la opción Commands en la ventana Steel Design – Whole Structure y nos abrirá la ventana de la figura 7.4.6. aquí seleccionamos la primera opción CHECK CODE para que el programa verifique y revise los códigos y parámetros antes mencionados, después damos un clic en Assign y Close.

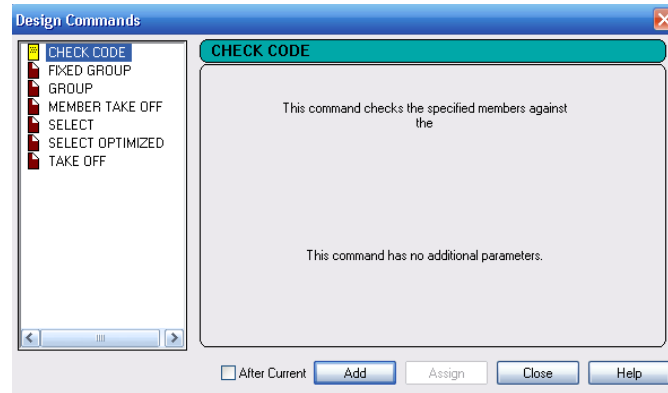


Figura 7.4.6. Revisión del diseño.

Realizado lo anterior se procede a analizar nuevamente la estructura para ver si los perfiles de la estructura son los correctos y cumplen con los parámetros establecidos.

Una vez analizado nos vamos a la opción de Symbols and Labels y nos abre la ventana de Diagrams, seleccionamos la etiqueta de Design Results¹⁹, seleccionamos la opción Show Diagram y después damos un clic en Aceptar.

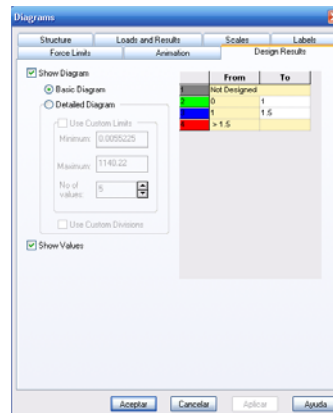


Figura 7.4.7. Resultados del diseño.

STAAD Pro permite optimizar nuestra estructura, así que una vez obtenidos los resultados del análisis de diseño y si tenemos barras que fallen, tenemos que cambiar los perfiles que estén fallando, por lo

¹⁹ Resultados de Diseño, nos sirve para ver cuales son las barras que fallan en nuestra estructura.



tanto debemos seleccionar de nuevo la opción Design, seleccionamos la estructura y damos clic en la opción Commands y nos abrirá la ventana de la figura 7.4.6. solo que seleccionaremos ahora la opción de SELECT OPTIMIZED²⁰, ya seleccionada damos clic en Assign y Close.

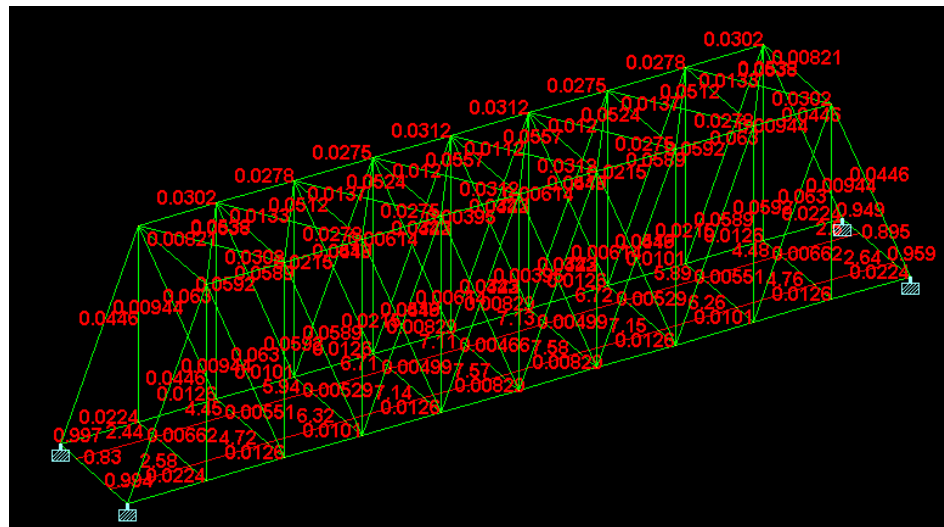


Figura 7.4.8. Resultado de la optimización de perfiles.

Posteriormente volvemos a correr el programa para que ahora nos de las secciones ya corregidas y optimizadas. Las secciones las podemos visualizar seleccionando el icono de Symbols and Labels, posteriormente seleccionar la pestaña Structure y activar la opción Full Sections y dar clic en Aceptar.

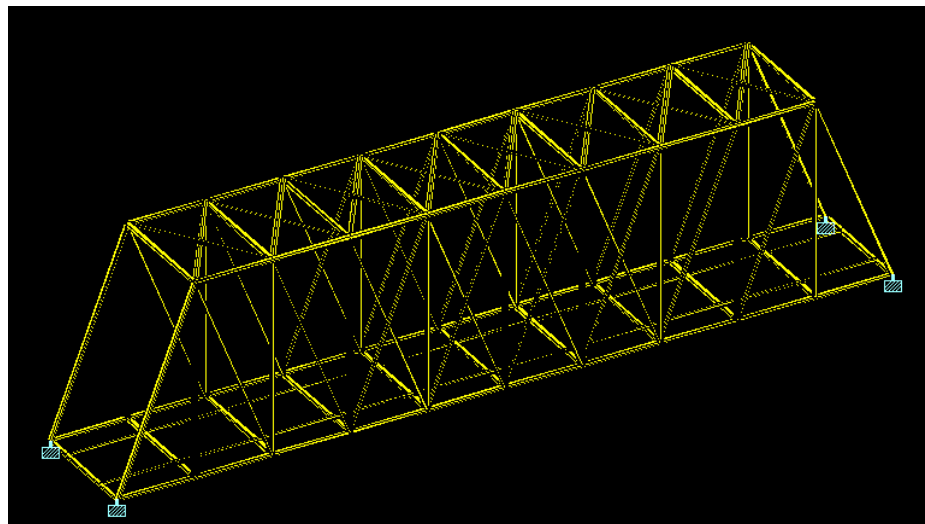


Figura 7.4.9. Secciones finales de la estructura.

Por último los resultados los veremos en la pestaña de Postprocessing, donde aparecerán los desplazamientos, reacciones así como los diagramas de cortante y de momentos.

²⁰ Esta opción permite optimizar nuestra estructura.





7.- DISEÑO DE ESTRUCTURAS ESPECIALES DE FERROCARRILES, PUENTES, DESNIVELES, ETC.





INTRODUCCION DEL TEMA

HISTORIA DE LOS PUENTES EN MEXICO ¹

Al desarrollarse la tecnología del concreto reforzado, empezaron a construirse estructuras complejas con este material. Al principio, únicamente losas planas de 10 m de claro máximo y, posteriormente, losas sobre varias nervaduras hasta de 15 m de claro. Para claros mayores se seguía recurriendo al acero estructural.

Sin embargo, pronto se observó que el concreto era un material mucho más económico que el acero, porque se fabricaba al pie de la obra con elementos locales. La Secretaría de Comunicaciones fue pionera en México en la instalación de laboratorios para el control de calidad de los materiales de la construcción y para la implantación de las normas correspondientes. El desarrollo de esta tecnología permitió obtener concretos de mayor resistencia y de mayor confiabilidad.

Lo anterior, favoreció la construcción de grandes puentes de concreto reforzado, como el arco del puente Belisario Domínguez, que vino a sustituir el puente colgante sobre el río Grijalva, en Chiapas, en el año de 1954.

Por otra parte, la aplicación del concreto reforzado en los puentes comunes de claros pequeños y modernos, se hizo, prácticamente, general. Al observarse la gran influencia que los moldes tenían en el precio unitario del concreto surgió la superestructura de solo dos nervios, innovación nacional respecto a la práctica de la época.

Aunque la idea del concreto pres forzado es muy antigua, no pudo materializarse en las obras de ingeniería civil mientras no se desarrollaron los concretos y aceros de alta resistencia que, por una parte, permitían la aplicación de grandes fuerzas externas y, por la otra, reducían las pérdidas que esas fuerzas experimentaban, como consecuencia de las deformaciones diferidas.

La aplicación del concreto pres forzado a los puentes se da, por primera vez, en Europa, al término de la segunda guerra mundial y se ve impulsada en ese continente, por la necesidad de reconstruir numerosos puentes destruidos por la guerra.

En México, la aplicación de esa nueva tecnología fue relativamente temprana, El puente Zaragoza, sobre el río Santa Catarina, en la ciudad de Monterrey fue el primer puente de concreto pres forzado del continente americano, construido en 1953 bajo la dirección exclusiva de ingenieros mexicanos, que idearon un sistema original para el sistema de anclaje de los cables de pres fuerzo y comprobaron la validez de sus cálculos con la realización de una prueba de carga sobre una viga de escala natural.

Pocos años después, en 1957, se construyó el puente sobre el río Tuxpan, en el acceso al puerto del mismo nombre, en el estado de Veracruz que constituye otra primicia de la ingeniería mexicana en el continente americano, ya que fue la primera obra de este lado del océano en que se aplicó el sistema de dovelas en doble voladizo. El puente tiene claros de 92 m y es de tipo Gerber, con articulaciones metálicas al centro de los claros. El concreto se pres forzó con barras de acero redondo y, durante la construcción, se tuvieron diversos problemas por la falta de experiencia en este sistema de construcción, al grado que para la primera dovela en voladizo se requirieron 45 días, en tanto que, para las últimas, el tiempo se acortó a 10 días.

¹ <http://www.construaprende.com/tesis02/2006/09/11-historia-de-los-puentes-en.html>





El incremento de la industria del pre fuerzo y la prefabricación permitió el empleo cada vez más frecuente de vigas pres forzadas y prefabricadas en los puentes. Con estos elementos se evitaban las obras falsas y se reducían los tiempos de construcción. Al principio, este tipo de estructuras se veía limitado en su aplicación por falta de personal calificado y por dificultades para el transporte de los elementos hasta el sitio de las obras, pero esas limitaciones fueron superadas al irse desarrollando el país.

Uno de los puentes más importantes en los que por primera vez se aplica en forma intensiva el uso de vigas prefabricadas pres forzadas es el que cruza el río Coatzacoalcos y que permite el paso de la carretera costera del golfo y del ferrocarril. Durante varios años, este puente, con una longitud de, aproximadamente, 1 Km. fue el más largo de México.

En lo que se refiere a los puentes de acero estructural, se tiene un avance importante cuando se empieza a aplicar la soldadura en la ejecución de juntas, como lo ocurrido a mediados de la década de los 50's que permitió la construcción de estructuras más ligeras, en el puente de Chinipas del ferrocarril Chihuahua-Pacífico, se construyeron uniones remachadas y soldadas en una armadura de tres tramos continuos de paso superior y con un sistema ingenioso de montaje.

Otro avance en estructuras de acero se tuvo al introducir en ellas un pres fuerzo exterior, que permite la optimización de la sección transversal, reduciendo el peso propio de la superestructura. El puente de Tuxtepec está constituido por tramos libremente apoyados formados por losas de concreto reforzados sobre traveses de acero soldadas, pres forzados.

Especialmente sobresaliente dentro de las estructuras de acero son los puentes Fernando Espinosa y Mariano García, que fueron los primeros en que se diseñó en México un sistema de piso con placa orto trópica. Este tipo de estructuras permite una considerable reducción del peso propio, ya que la placa de la calzada, además de recibir las cargas vivas, trabaja como patín superior de las costillas, las piezas del puente y las traveses maestras. El sistema es, además, altamente eficiente y optimiza el empleo del acero. En estos puentes, las conexiones fueron remachadas en las traveses maestras construidas por segmentos en voladizo y soldadas en el sistema de piso orto trópico.





DEFINICION DE PUENTE ²

Un puente es una estructura destinada a salvar obstáculos naturales, como ríos, valles, lagos o brazos de mar; y obstáculos artificiales, como vías férreas o carreteras, con el fin de unir caminos de viajeros, animales y mercancías.

La infraestructura de un puente está formada por los estribos o pilares extremos, las pilas o apoyos centrales y los cimientos, que forman la base de ambos. La superestructura consiste en el tablero o parte que soporta directamente las cargas y las armaduras, constituidas por vigas, cables, o bóvedas y arcos que transmiten las cargas del tablero a las pilas y los estribos.

Para designar su función se dirá: puente para carretera, puente para ferrocarril, puente móvil.

La palabra viaducto se reserva para los puentes largos, con frecuencia de claros prolongados, y altura constante.

Un puente se divide en tramos, separados por las pilas y que terminan en los estribos.

Las partes que forman un puente son:

- Elementos portantes (Generalmente vigas).
- En la Superestructura Diafragmas.
- Sistemas de piso (Losas).
- Pilas y estribos.
- En la subestructura Sistemas de apoyo.
- Otros elementos de soporte de la superestructura.
Pilotes.
- En la cimentación Zapatas de cimentación.
Pilastrones.
- Juntas de dilatación.
- Sistemas de drenaje.
- En el equipamiento Parapetos.
- Señalizaciones.

² <http://www.construaprende.com/tesis02/2006/09/11-historia-de-los-puentes-en.html>



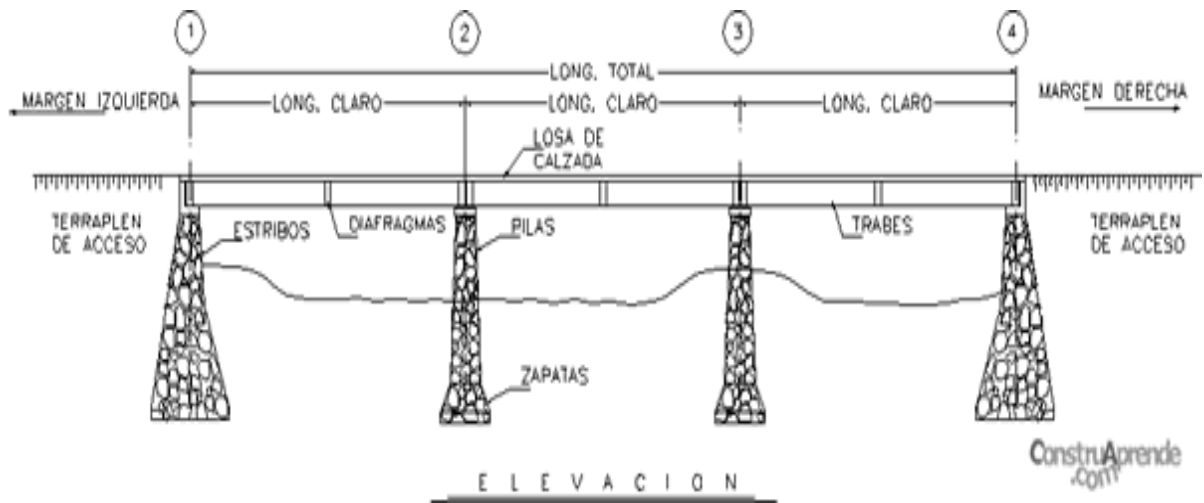


Fig 8.1.1 Partes que forman un puente.³

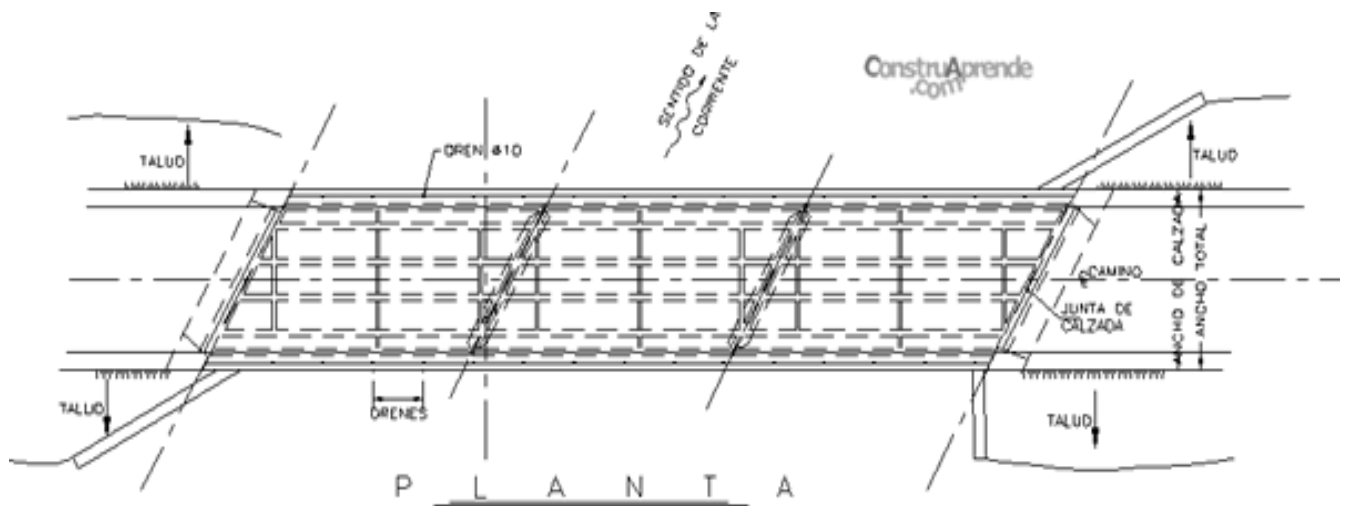


Fig 8.1.2 Ilustración de un puente en planta.⁴

³ <http://www.construaprende.com/tesis02/2006/09/11-historia-de-los-puentes-en.html>

⁴ <http://www.construaprende.com/tesis02/2006/09/11-historia-de-los-puentes-en.html>





8.1 GENERACION DE ESTRUCTURAS CON (SAP 2000 VERSION 11).

Procedimiento de la solución de un puente de acero utilizando el software de ingeniería civil (SAP 2000 Versión 11). Tomaremos como ejemplo el puente presentado a continuación con las siguientes características:



Fig 8.1.3 Ilustración de un puente que tomaremos para desarrollarlo.⁵

El puente que tomaremos como ejemplo se encuentra en México en el sur del estado de Veracruz, en su longitud cuenta con 4 apoyos simples y tres claros de 20M cada uno, su ancho es para dos sentidos (ida y regreso) tenemos 7.5M, y de altura libre máxima 8.5M

Para comenzar nuestro calculo en el programa SAP 2000 11 es importante saber el peso que pasara sobre nuestras 2 armaduras principales, para esto veremos los tipos de ferrocarriles más comunes en en esta zona además de su comportamiento dinámico, y dimensiones.

⁵ <http://www.puentesdemexico.coml>



El peso total y el peso por eje de los equipos, tanto individual como en formación de trenes tiene fundamental relevancia en el diseño tanto de la subestructura como la superestructura de la vía y en las obras de arte.

Una de las funciones principales de los durmientes y del lastre de la vía es la de transmitir a la subestructura -plataforma y terraplén- las cargas estáticas y dinámicas producidas por los trenes. El peso total de los trenes de carga ha venido en permanente aumento, al igual que los pesos por eje.

El peso de los vehículos ferroviarios se transmite a los rieles en los puntos de contacto entre las ruedas y rieles, según el número de ejes del vehículo. Si bien hay diversas configuraciones, lo usual es:

- Carros de dos ejes sin boguies, usuales en Europa
- Carros y coches sobre 2 boguies, con 4 ejes en total
- Carros y coches sobre boguies compartidos, con promedio de 2 ejes por vehículo
- Locomotoras sobre 2 boguies, con 4 ejes en total
- Locomotoras sobre 2 boguies, con 6 ejes en total

Hay otras configuraciones, especialmente en locomotoras, que además de los boguies motores llevan boguies portantes y otras, como los vehículos livianos Talgo que llevan una sola parada de ruedas entre coches, haciendo un promedio de un eje por coche.

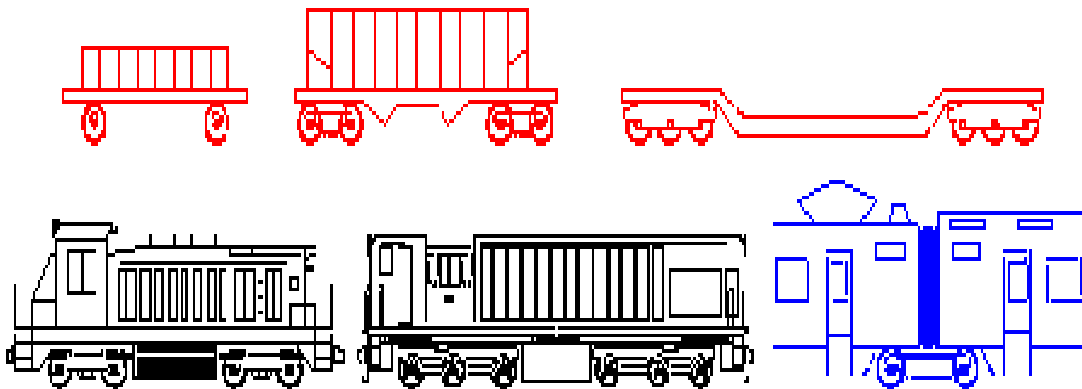


Fig 8.1.4 Configuraciones de carros, locomotoras y automotores ⁶

⁶ www.sectra.cl





En todos los vehículos, el peso bruto completo se reparte entre los diversos ejes de manera más o menos uniforme y se expresa en la forma de un peso máximo por eje, el que debe ser soportado por el riel.

Desde el punto de vista del análisis estático, el riel actúa como una viga continua apoyada en los durmientes, cuya sección dependerá de la carga por eje y de la distancia entre los durmientes. Sin embargo, consideraciones de orden práctico llevan a que la dotación de durmientes por kilómetro -que fija la distancia entre ellos- puede variar sólo entre ciertos márgenes y resulta ser una consecuencia del tipo de tráfico de la línea, como se verá.

Por otra parte, el comportamiento dinámico de la enrielladura introduce una serie de factores muy difíciles de cuantificar, por lo que se ha desarrollado una serie de fórmulas empíricas que intentan dar una solución adecuada al problema.

Como se ha señalado en el punto anterior, la dotación de durmientes depende más bien de la densidad de tráfico de la línea que del peso de los trenes. Las cuales corresponden a diferentes densidades de tráfico.

La calidad de la subestructura de la vía en trenes más pesados requiere necesariamente una subestructura de la vía más resistente y libre de problemas de drenaje o de terrenos incompetentes. Aún cuando las solicitaciones de las carreteras sobre el terreno natural son en general inferiores a las ferroviarias, las prácticas de diseño de la vialidad son adecuadas y suficientes para los trazados ferroviarios.

En Norteamérica se utiliza el tren-tipo Cooper E-80 para el cálculo de estructuras.

TREN TIPO COOPER E 80

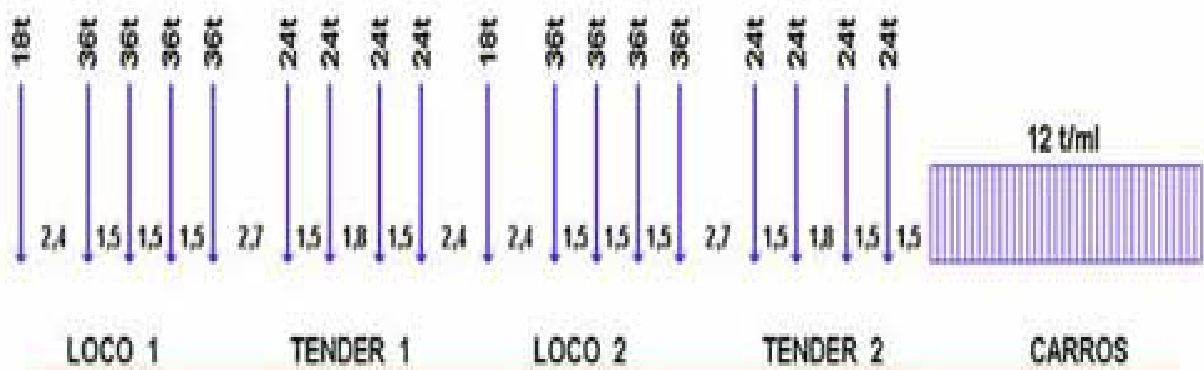


Fig 8.1.5 Esquema de cargas rodantes de ferrocarril tipo Cooper E 80. ⁷

⁷ www.sectra.cl





El esfuerzo de tracción que deberá ejercer el equipo tractor, será igual a la resistencia al rodado del mismo y del equipo remolcado, a la velocidad de circulación deseada. Para desarrollar este esfuerzo de tracción, el equipo deberá cumplir dos condiciones básicas:

Contar con la potencia suficiente para vencer la resistencia al rodado y que el esfuerzo de tracción en las llantas no sobrepase el límite de adherencia entre la rueda y el riel en ninguna condición de diseño.

Ahora que sabemos las características geométricas del puente, y el tipo de ferrocarril que pasara sobre el podemos comenzar con nuestro análisis se inicio con la secuencia que se presentara a continuación.

Con la ayuda del Software (AutoCAD en su versión 2008), se dibuja el puente con sus dimensiones reales y escala 1:1 en planta y alzado (de forma representativa).

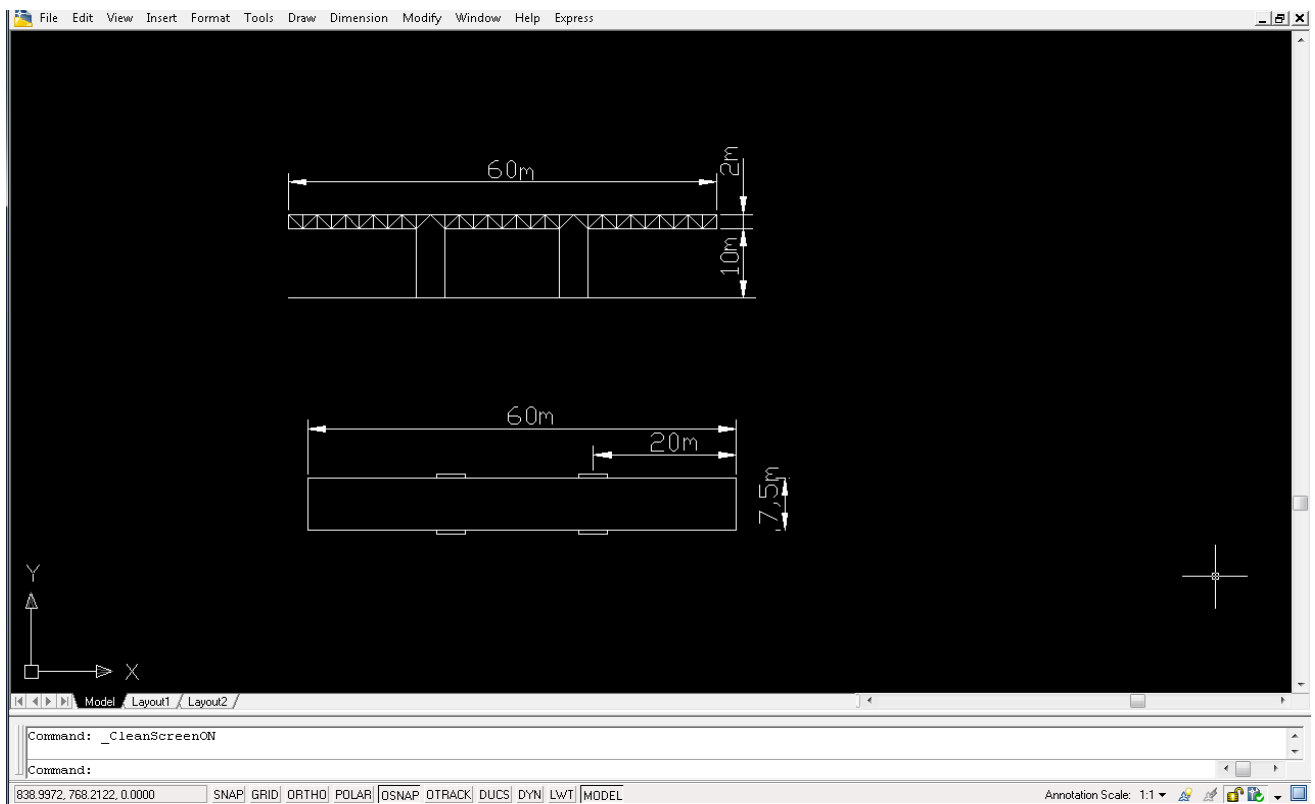


Fig 8.1.6 Dibujo del puente en alzado y planta.⁸

⁸ Auto CAD 2008.- Programa de Dibujo aplicado a la ingeniería civil.





Para el cálculo de la armadura en el (SAP 2000 VERSION 11) con ayuda del programa (AutoCAD en su versión 2008) se dibuja la armadura en forma isométrica.

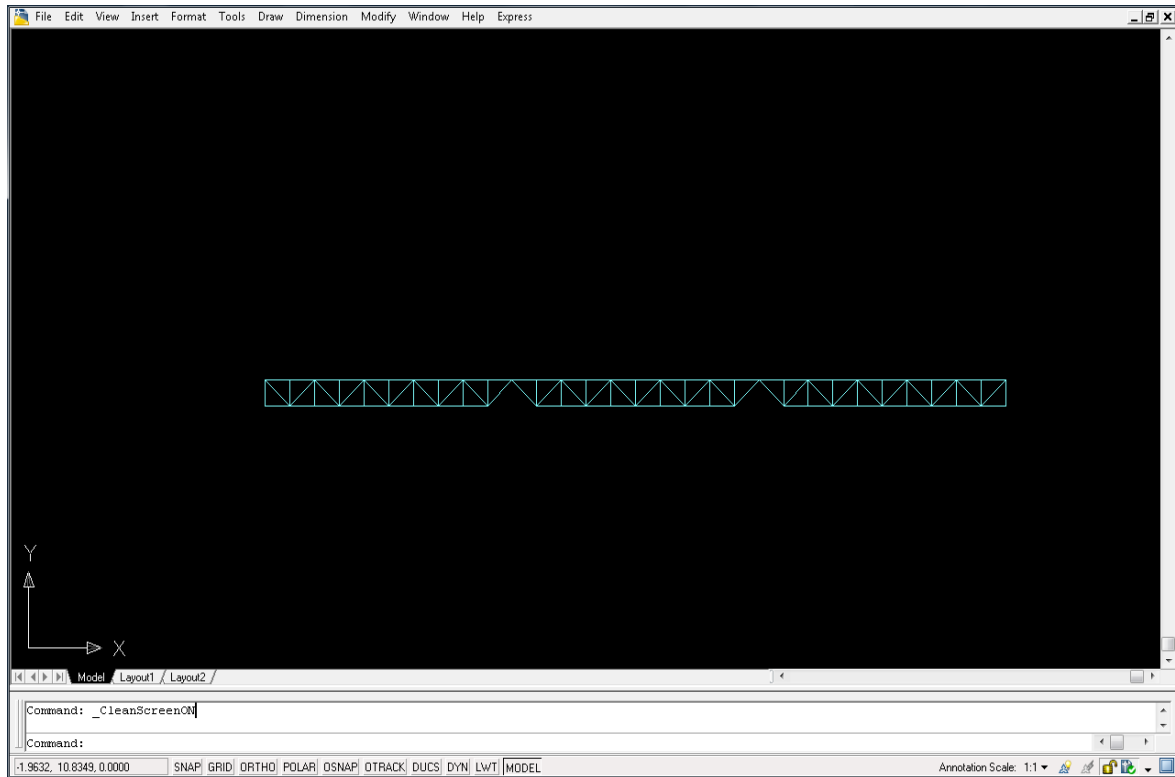


Fig 8.1.7 Dibujo de la armadura a utilizar para el cálculo en vista lateral.⁹

⁹ Auto CAD 2008.- Programa de Dibujo aplicado a la ingeniería civil.



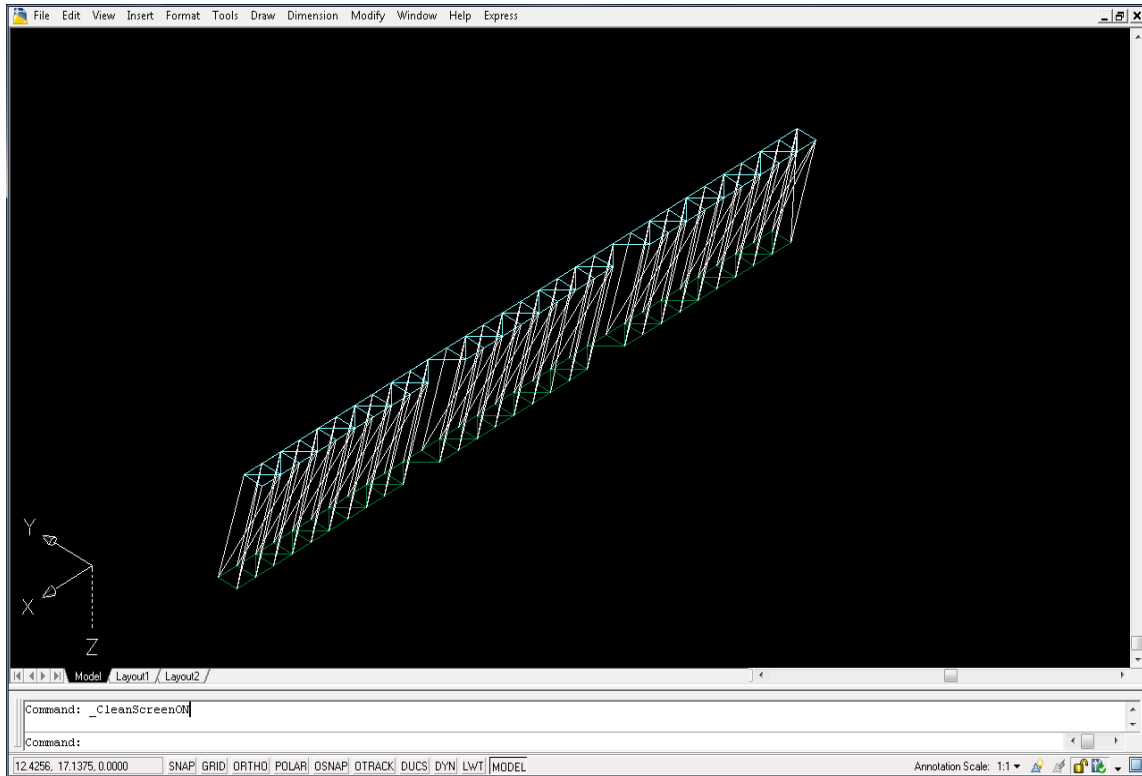


Fig 8.1.8 Dibujo de la armadura en forma isométrica.¹⁰

Después de terminar nuestro modelo en isométrico del puente en el programa Auto CAD 2008, iniciamos el análisis en el SAP 2000 11 para esto a continuación, conoceremos el programa des de sus bases.

¹⁰ Auto CAD 2008.- Programa de Dibujo aplicado a la ingeniería civil.



8.1.1 INICIO DEL PROGRAMA (SAP 2000 11)

Se inicia el programa al hacer clic en el icono de (SAP 2000 11), iniciar la sesión seleccionando del menú principal File / New Model, aquí se muestran modelos ya establecidos por el programa, lo siguiente es establecer las unidades Ton, m, C.

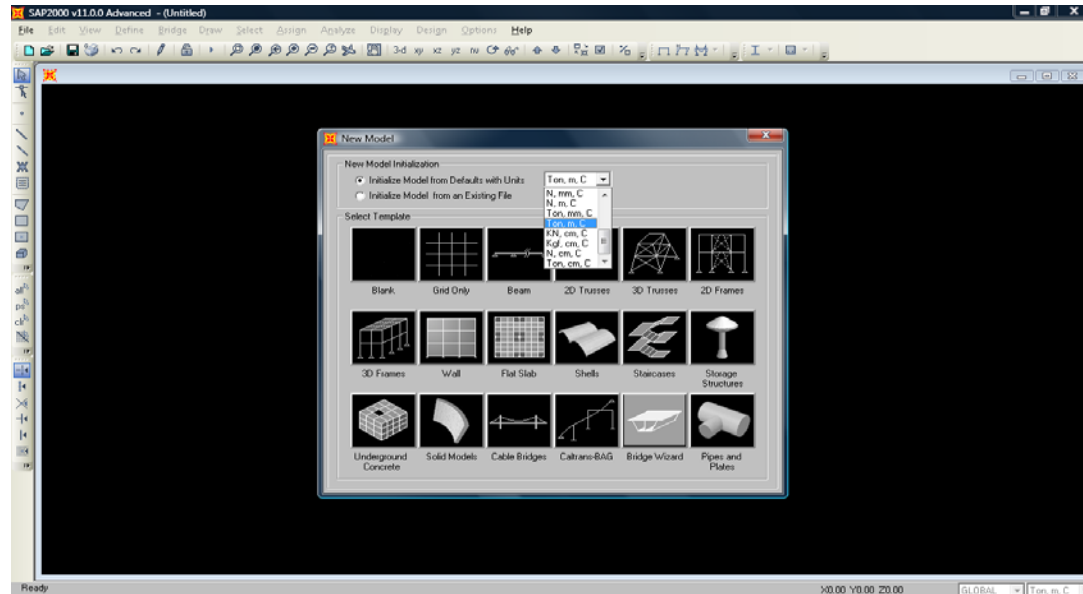


Fig. 8.1.9 Selección de un Nuevo Modelo.¹¹

En el menú anterior nos dirigimos a la opción blank, esta se utiliza porque vamos a importar, con ayuda del Auto CAD, en el menú seleccionamos File/Import Autocad .dxf_/dwg File

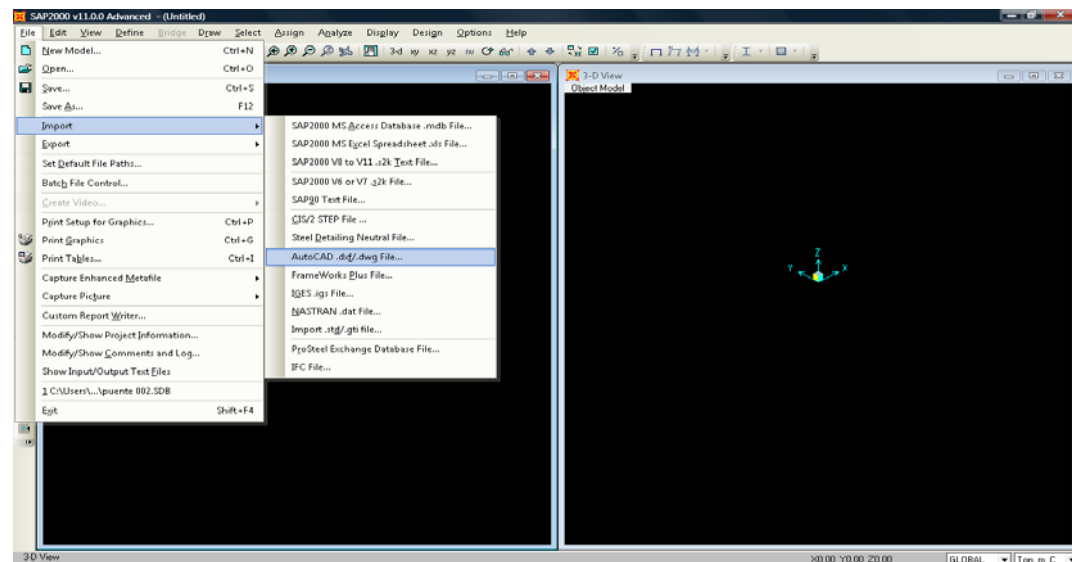


Fig. 8.1.10 Importar Archivo de Auto CAD 2008 a SAP 2000.¹²

¹¹ SAP 2000.- CAD 2008.- Programa de Análisis Estructural aplicado a la ingeniería civil.

¹² IDEM



En esta ventana seleccionar el directorio del archivo de tipo .dxf_/dwg File y abrir.

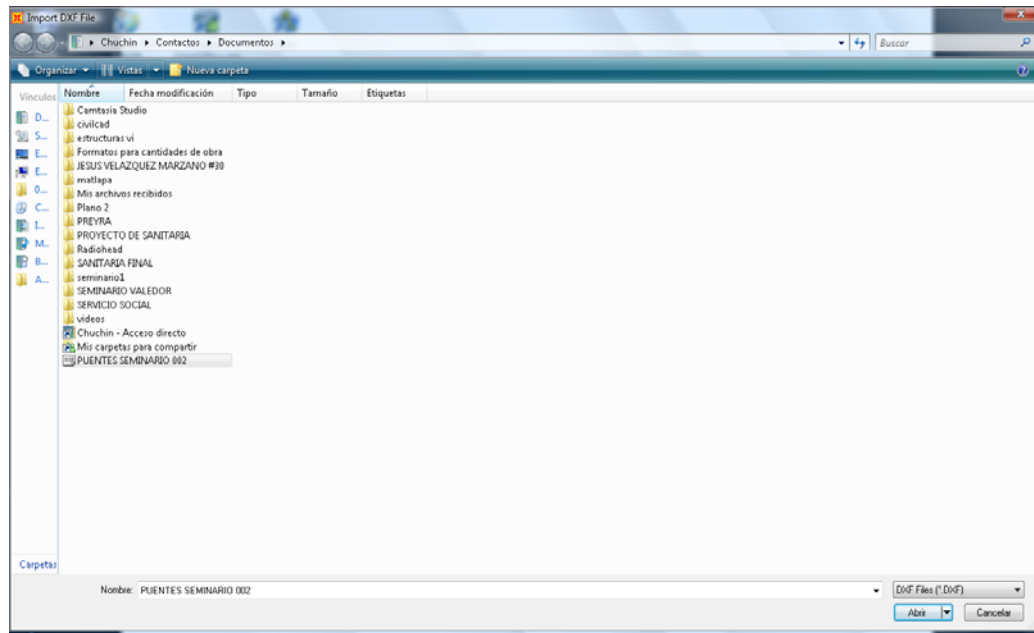


Fig. 8.1.11 Imagen de la búsqueda del archivo^{13 6}

Asignamos Layers, seleccionar para el layer Frame para Estructura; este layer es el que originalmente proviene del programa en el que se dibujo la armadura y seleccionar OK.

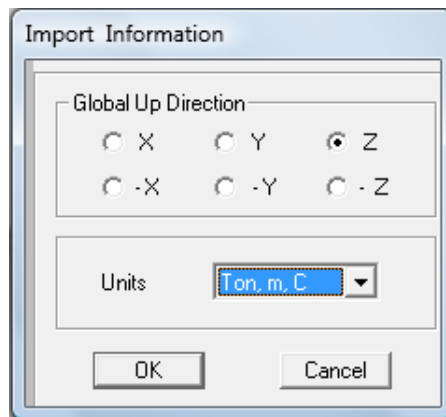


Fig. 8.1.12 Imagen de dirección de eje a importar.¹⁴

¹³ Documentos de Equipo de Programa.

¹⁴ SAP 2000.- CAD 2008.- Programa de Análisis Estructural aplicado a la ingeniería civil.



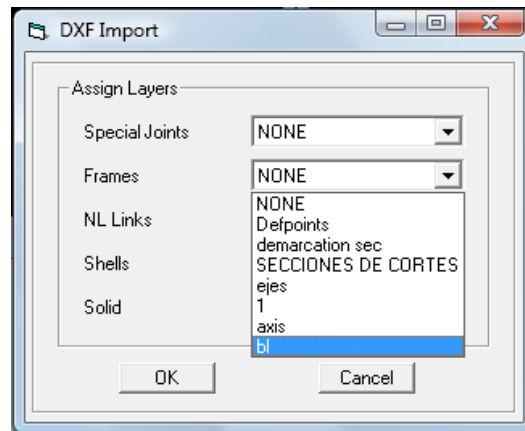


Fig. 8.1.12 Imagen de asignación de layer .¹⁵

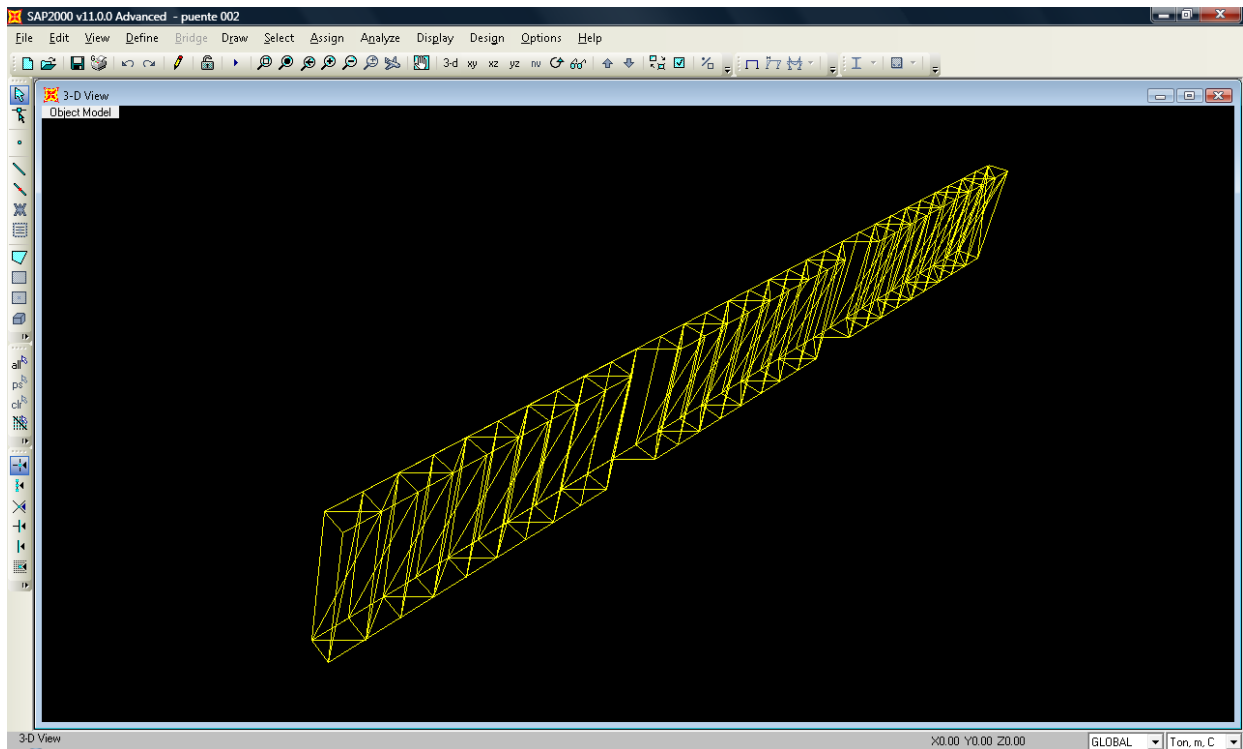


Fig 8.1.13 Modelo de la armadura. ¹⁶

A continuación se definen los materiales y el tipo de sección que se va a utilizar Define / Frame sections / Import New Property.

¹⁵ SAP 2000.- CAD 2008.- Programa de Análisis Estructural aplicado a la ingeniería civil

¹⁶ SAP 2000.- CAD 2008.- Programa de Análisis Estructural aplicado a la ingeniería civil.



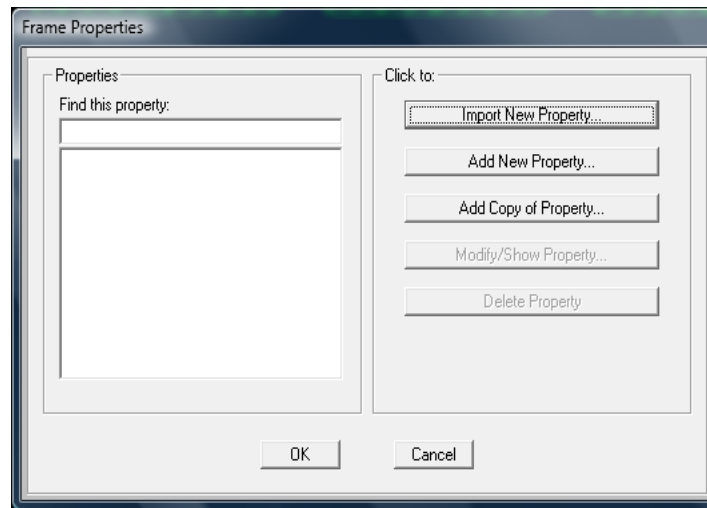


Fig 8.1.14 Importar nuevas propiedades.⁵

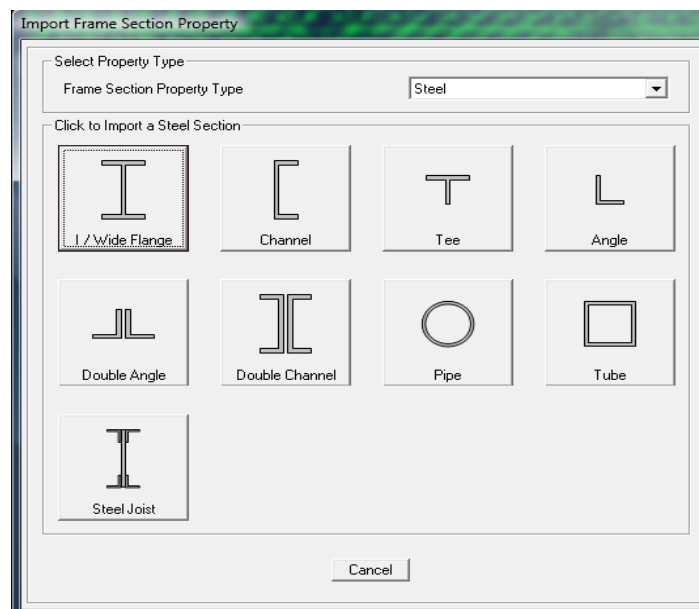


Fig 8.1.15 Propiedades de Sección.¹⁷⁵

¹⁷ SAP 2000.- CAD 2008.- Programa de Análisis Estructural aplicado a la ingeniería civil.



Al seleccionar el tipo de perfil se abre una ventana donde se puede escoger la base de datos, en este caso seleccionar el archivo SECTIONS8 PRO que se encuentra instalado en SAP 2000

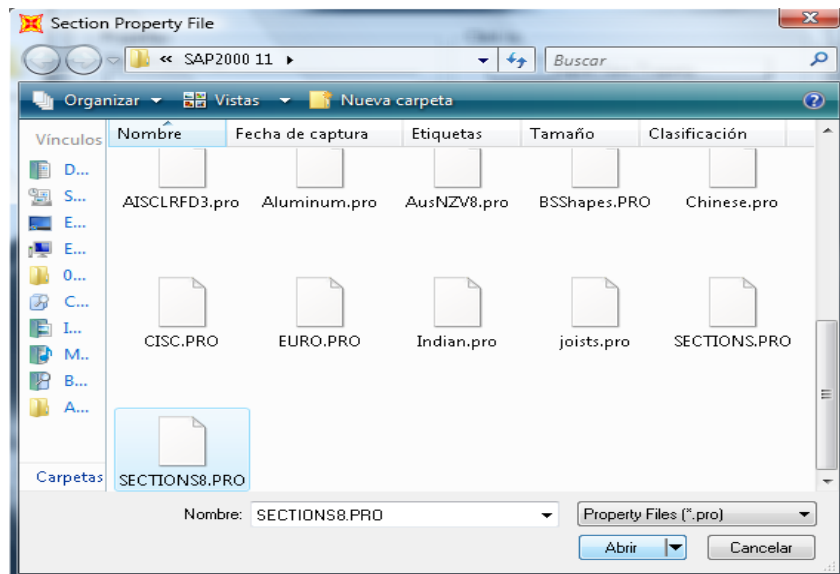


Fig. 8.1.16 Imagen de la búsqueda del archivo ¹⁸

Al abrir el archivo de secciones y escoger HSS 12 X 12 X 5/16, esta será nuestra (sección I).

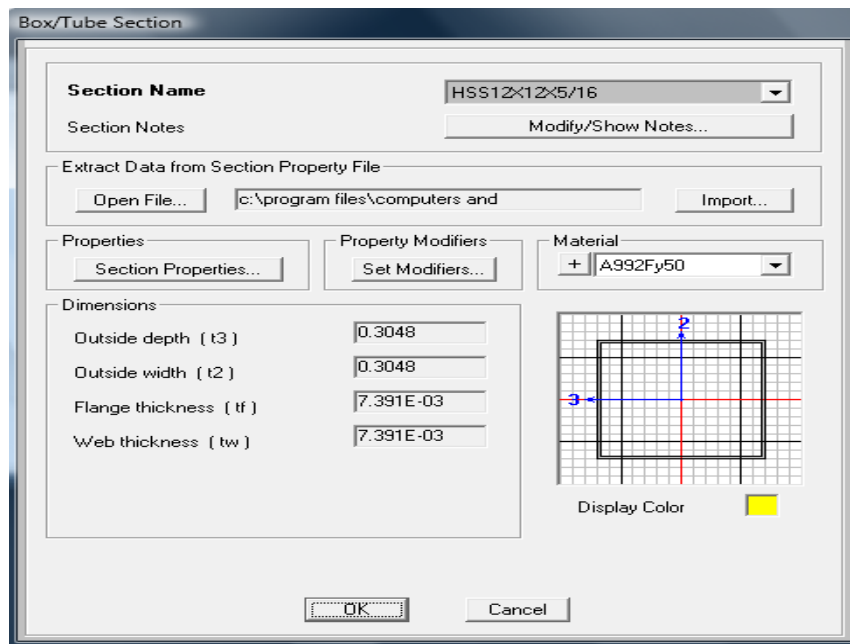


Fig. 8.1.17 Imagen de la (sección I) seleccionada. ¹⁹

¹⁸ Documentos de Equipo de Programa

¹⁹ SAP 2000.- CAD 2008.- Programa de Análisis Estructural aplicado a la ingeniería civil.



Se repite lo anterior y tomamos HSS 12 X 6 X 5/16, esta será nuestra (sección II).

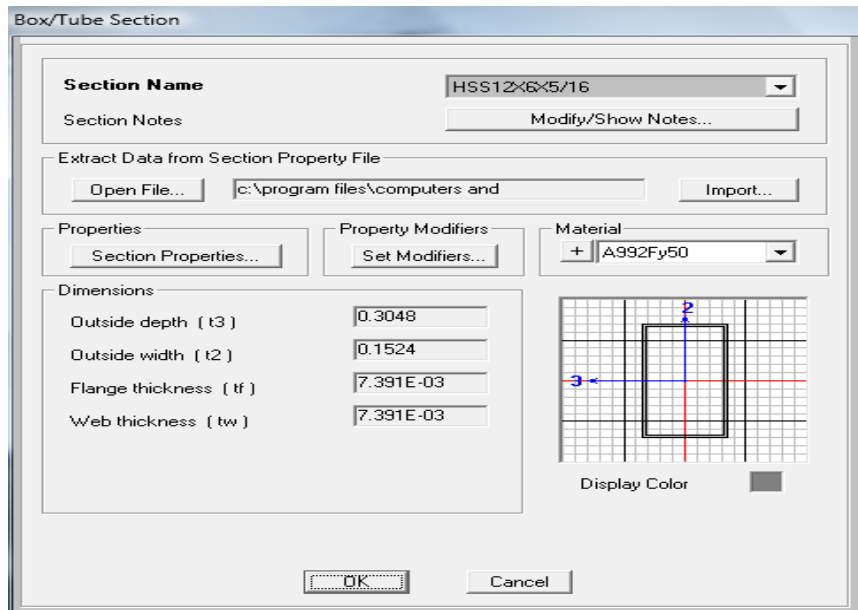


Fig. 8.1.18 Imagen de la (sección II) seleccionada.²⁰

Se repite lo anterior y tomamos HSS 7 X 0.5, esta será nuestra (sección III).

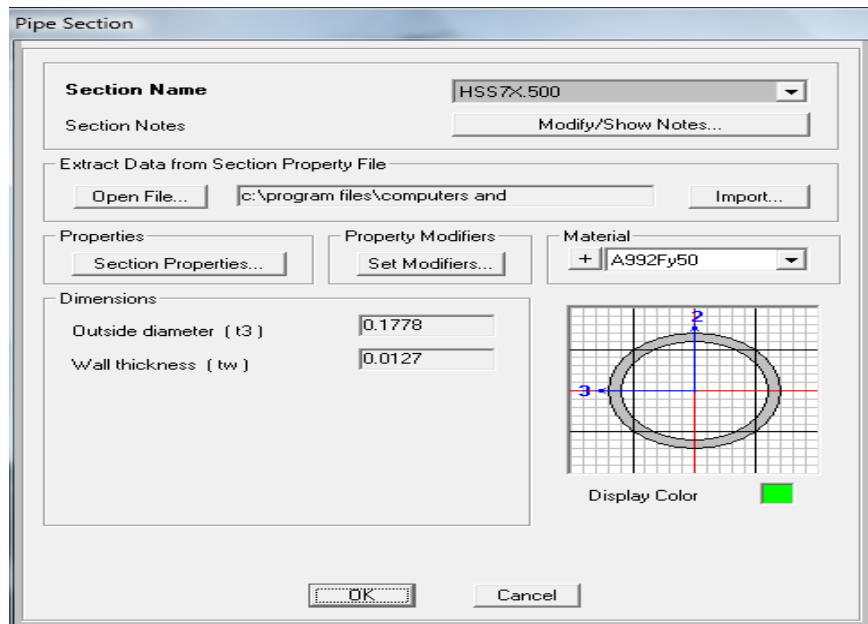


Fig. 8.1.19 Imagen de la (sección II) seleccionada.²¹

²⁰ SAP 2000.- CAD 2008.- Programa de Análisis Estructural aplicado a la ingeniería civil.

²¹ SAP 2000.- CAD 2008.- Programa de Análisis Estructural aplicado a la ingeniería civil.



Ahora se definen las combinaciones de carga, para definir los casos de carga se selecciona del menú principal Define/Load Cases, damos click en la Add New Load y en las otras opciones como son en Load Name, asignamos un nombre de acuerdo al caso de carga, en Type el tipo de carga, y en Self Weight asignamos el numero 1 para el caso de carga muerta, de esta forma se multiplicara automáticamente el peso propio de los elementos de la estructura.



Fig. 8.1.20 Imagen de definición de cargas.²²

Ahora sigue la combinación de carga, seleccionar del menú Define / Combinations /Add New Combo, en esta ventana agregas los dos tipos de carga; multiplicando cada por su factor de carga.

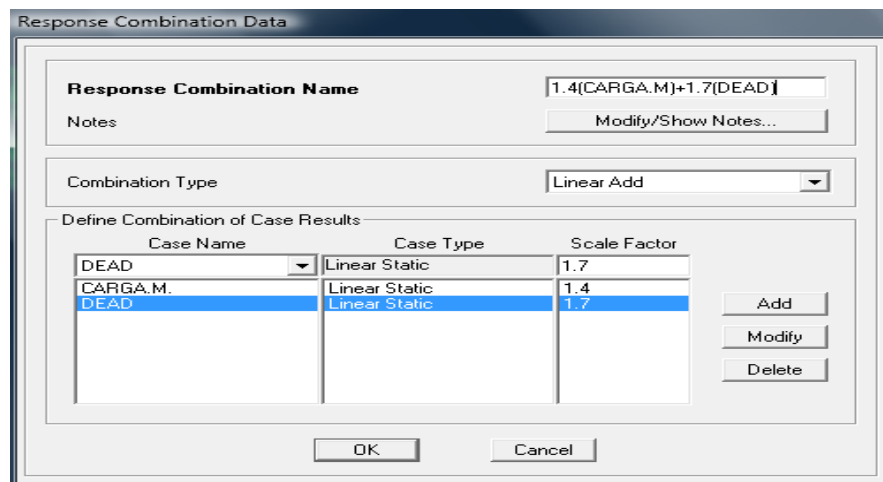


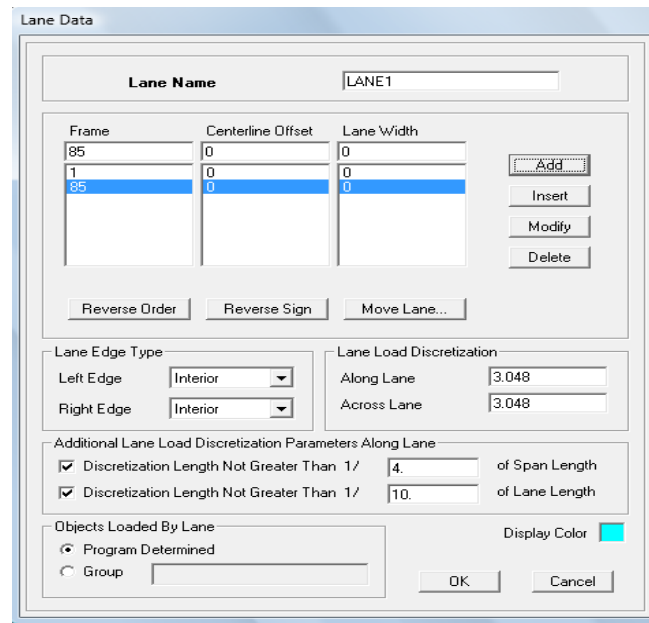
Fig. 8.1.21 Imagen de combinación de cargas.²³

Ahora definiremos los Lanes, para definir las líneas en las cuales circulara el vehiculo. Nos vamos a Define / Bridge Load Lanes /Add New Lane.

²² SAP 2000.- CAD 2008.- Programa de Análisis Estructural aplicado a la ingeniería civil.

²³ IDEM





Ahora definiremos nuestro vehículo que llevaremos en el análisis, por lo tanto realizaremos lo siguiente, nos vamos a Define/Bridge Loads Vehicles, a donde escogeremos la opción Add Estándar Vehicle.

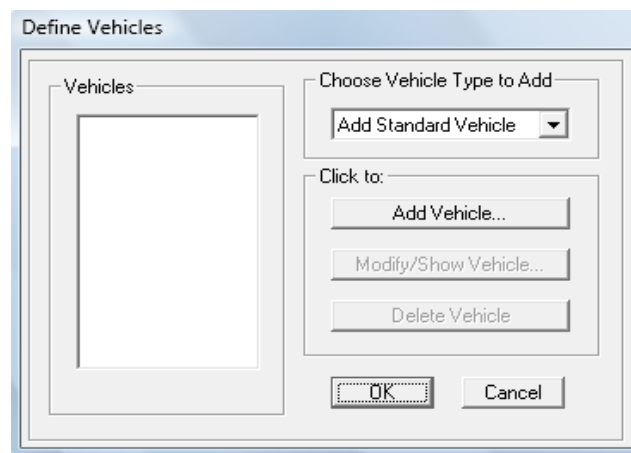


Fig. 8.1.22 Imagen que muestra la definición de vehículo. ²⁴⁵

A continuación debemos seleccionar Add Vehicle.

²⁴ SAP 2000.- CAD 2008.- Programa de Análisis Estructural aplicado a la ingeniería civil.



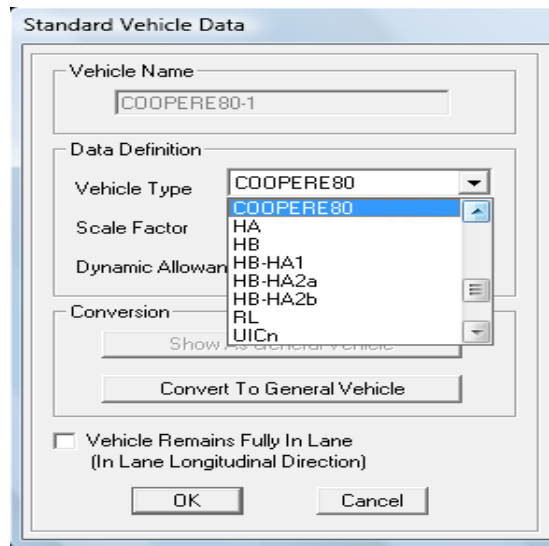


Fig. 8.1.23 El vehículo es un COOPERE 80.²⁵

Nuestro vehículo a utilizar es un COOPERE 80, ahora continuamos con Vehicle / Modify/ Show As General Vehicle, esto nos muestra las cargas y la distancia entre separación de ejes.

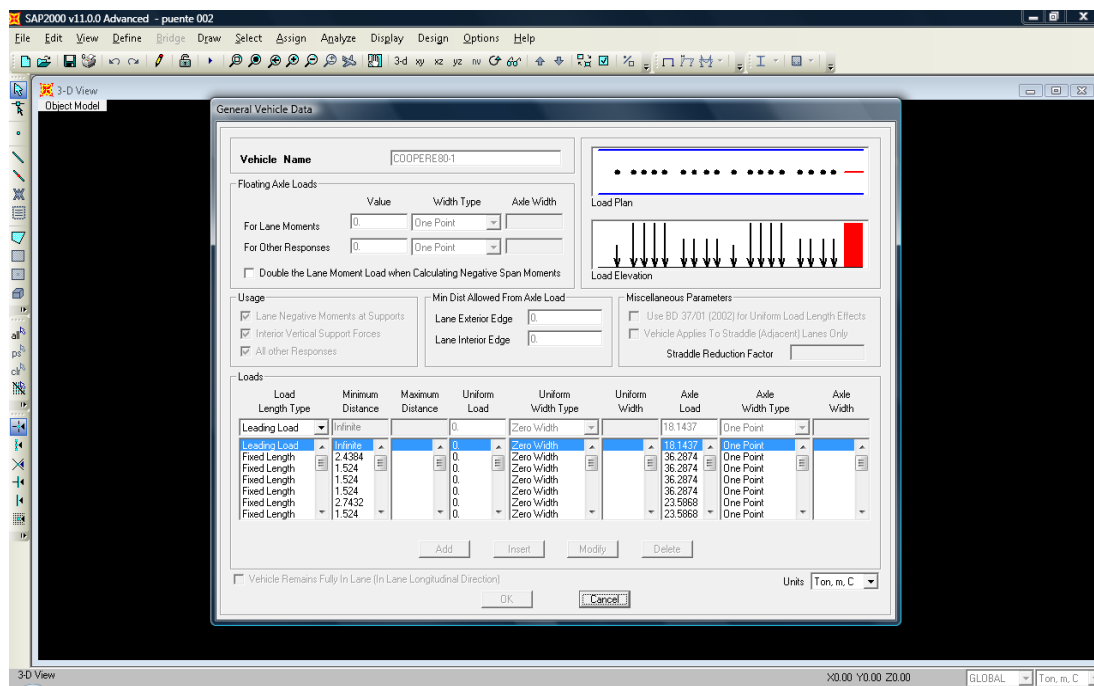


Fig. 8.1.23 Distribución de las cargas.²⁶

²⁵ SAP 2000.- CAD 2008.- Programa de Análisis Estructural aplicado a la ingeniería civil.

²⁶ SAP 2000.- CAD 2008.- Programa de Análisis Estructural aplicado a la ingeniería civil.



Ahora tenemos que definir el tipo de respuesta del puente, por consiguiente nos dirigimos en el menú Define / Bridge Loads / Bridge Response.

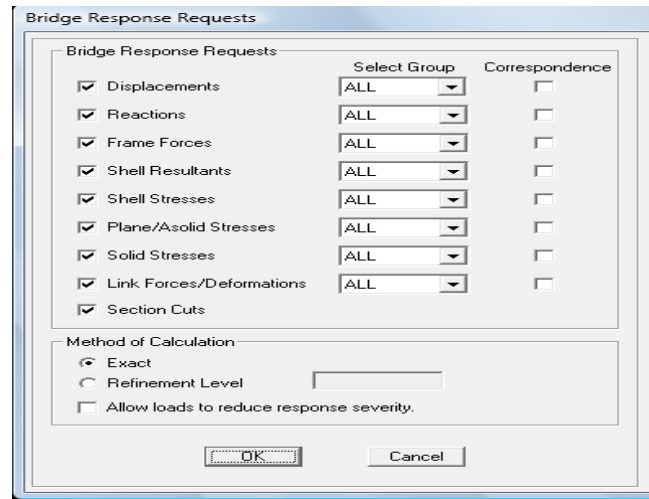


Fig. 8.1.24 Tabla de la respuesta del puente.⁵

En este caso como tenemos carga móvil se hace los siguiente Define/ Análisis Case.

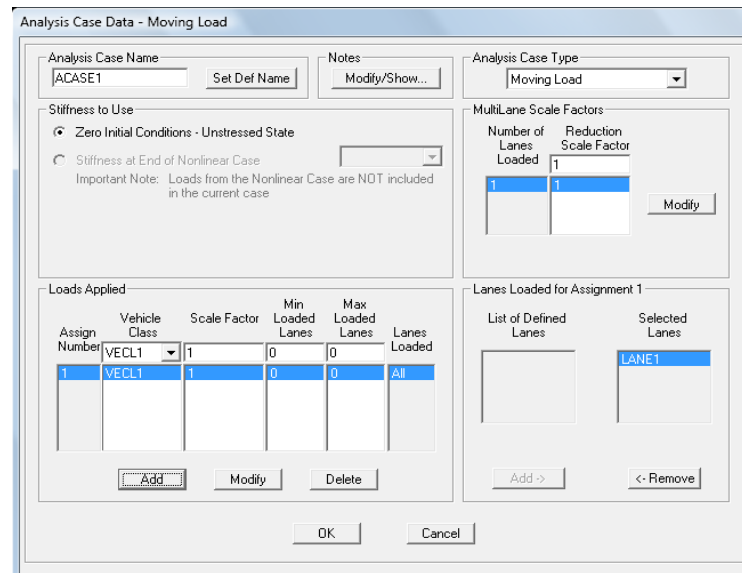


Fig. 8.1.25 Asignación de carga móvil.²⁷

²⁷ SAP 2000.- CAD 2008.- Programa de Análisis Estructural aplicado a la ingeniería civil.



Seleccionar cada uno de los elementos que conforman la estructura y después del menú seleccionar del Assign / Frame / Frame, para poner las secciones correspondientes.

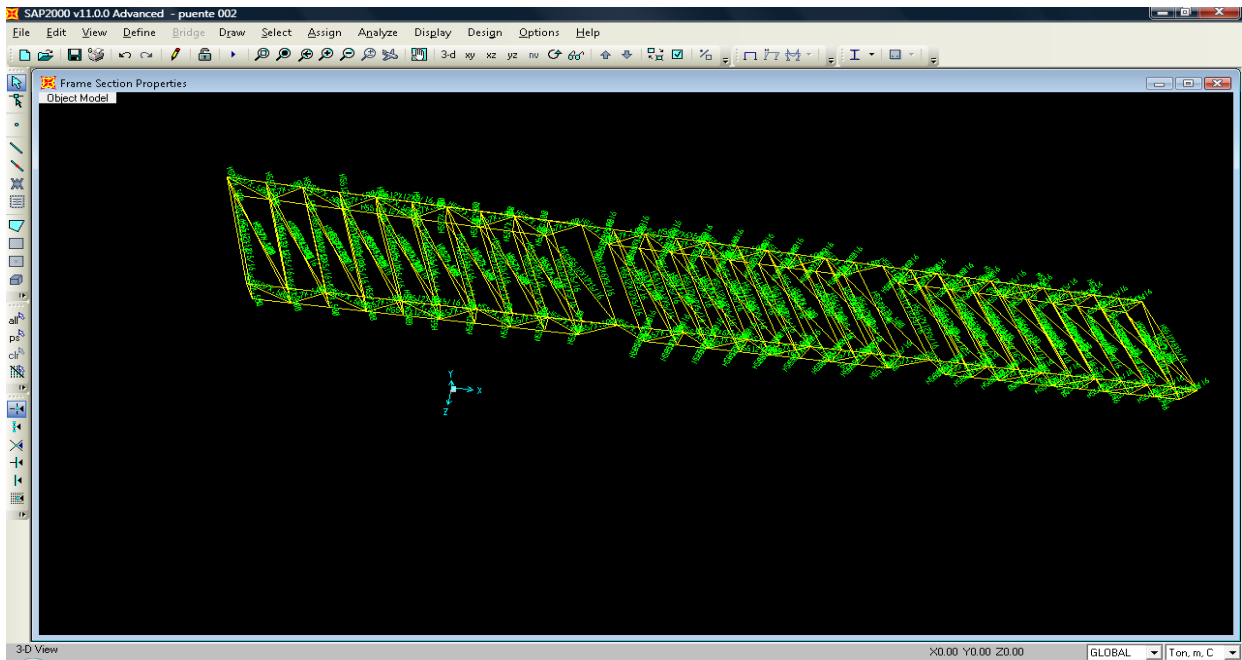


Fig. 8.1.26 Asignación de secciones.²⁸

A continuación se le ponen los soportes que va a tener la estructura, para esto debemos seleccionar los nodos donde se van a colocar, estos son los pasos que seguir Assign / Joint / Restraints. Para nuestro caso pondremos apoyos fijos.

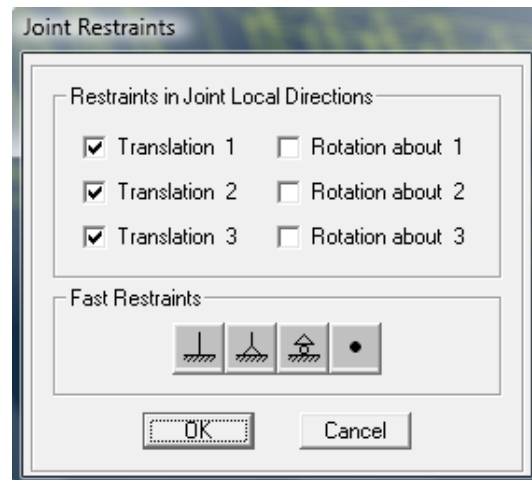


Fig. 8.1.27 Asignación de secciones.²⁹

²⁸ SAP 2000.- CAD 2008.- Programa de Análisis Estructural aplicado a la ingeniería civil.

²⁹ SAP 2000.- CAD 2008.- Programa de Análisis Estructural aplicado a la ingeniería civil.



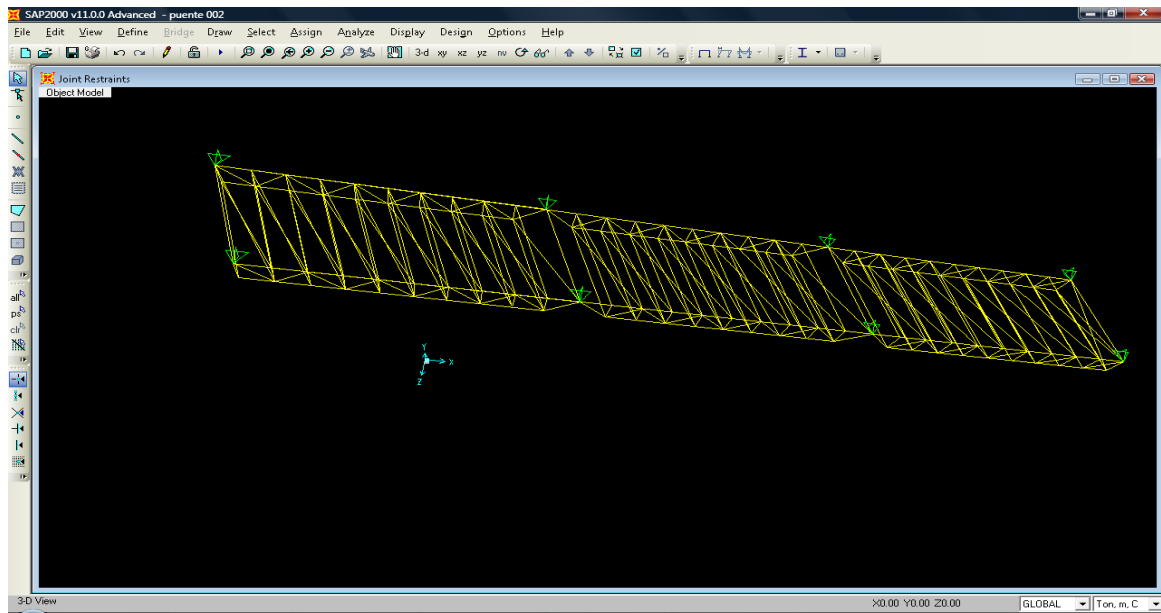


Fig. 8.1.28 Asignación de apoyos.³⁰

Ahora lo que debemos de hacer es seleccionar los ejes donde transitara el vehículo, así que nos dirigimos hacia Assign / Frame / Lane.

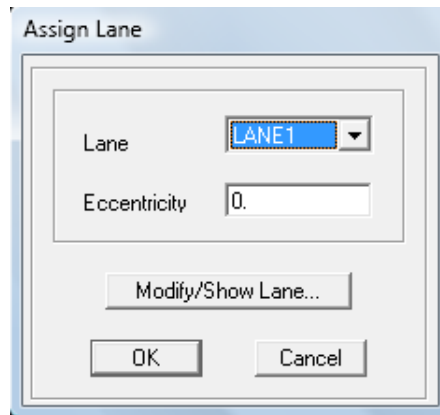


Fig. 8.1.29 Esquema de Asignación del eje.³¹

³⁰ SAP 2000.- CAD 2008.- Programa de Análisis Estructural aplicado a la ingeniería civil.

³¹ SAP 2000.- CAD 2008.- Programa de Análisis Estructural aplicado a la ingeniería civil.





Se debe de tomar en cuenta el tipo de vehiculo de acuerdo a la AASTHO y eso nos lleva a los siguientes pasos. Assign / Frame Loads / Vehicle Response Component. A todas las opciones se les debe asignar la opción Use All Values, para saber la indicación de que han sido evaluadas.

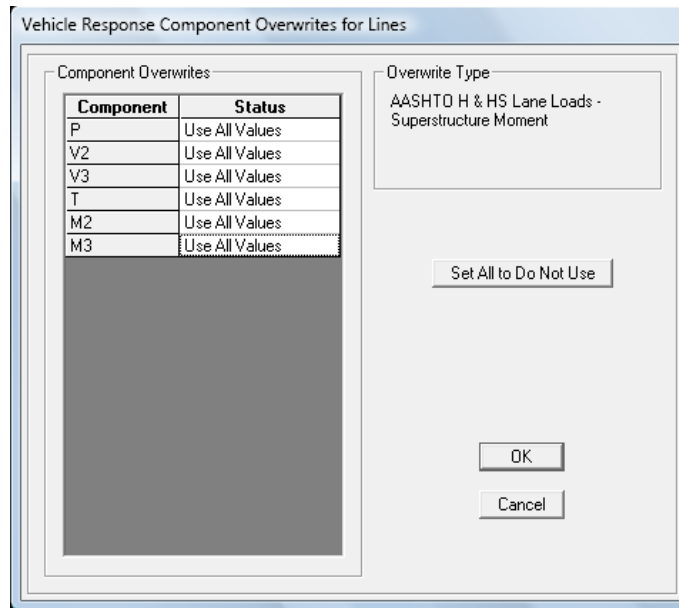


Fig. 8.1.30 Evaluación del momento en la superestructura.³²⁵

³² SAP 2000.- CAD 2008.- Programa de Análisis Estructural aplicado a la ingeniería civil.



Ahora se llega al final y lo último que se debe realizar es que corra, así que nos dirigimos hacia el menú *Analyze/Set Analysis Options* y seleccionamos *Space Frame*, por que en nuestro caso es una armadura en el espacio. Y al final se escoge la opción *Analyze /Run Analysis / Run Now*.

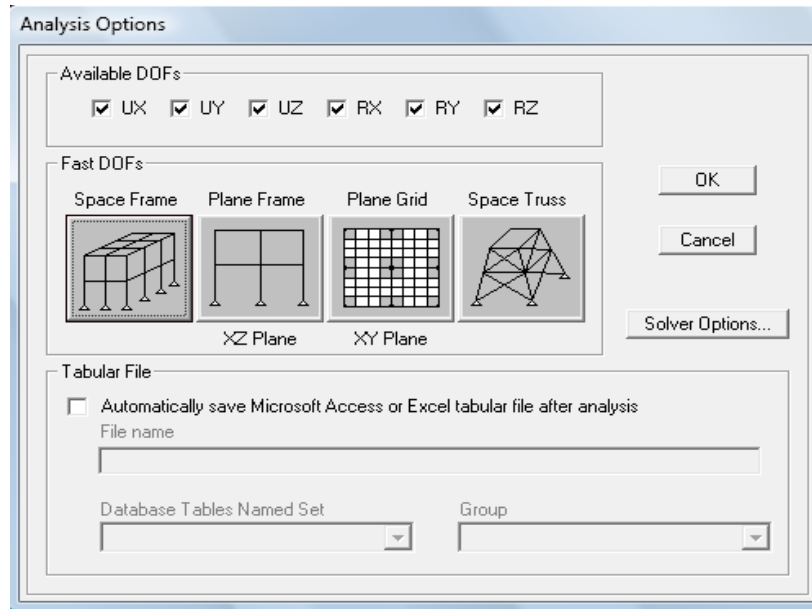


Fig. 8.1.31 Evaluación del momento en la superestructura.³³

Al realizar lo anterior para observar las deformaciones en la estructura nos dirigimos a *Display / Shows Forces Stresses / Frames*.³⁴

Para ver los resultados en tablas nos dirigimos a *Display/Shows Tables*.

Las normas de diseño y la norma de diseño a emplear, para esto ir al menú *Options / Preferences/ Steel frame design*. Donde aparecerá el cuadro de dialogo, de donde escogeremos *Design Code*, este es el código con el cual el programa diseñara las barras a flexo compresión.

Para la combinación de diseño nos dirigimos a *Design / Steel frame design / Select design combos*, elegir del cuadro de dialogo la combinación deseada y *Add>>* y adicionara al cuadro derecho la selección y finalizar dan click en *OK*.

Y al final llegamos al diseño así que nos dirigimos a *Design / Steel / Frame design /Start design /Check of Structure*, En el caso de que aparezcan barras de color rojo esto quiere decir que esta fallando, nos debemos regresar al principio a seleccionar las secciones mas optimas para el buen funcionamiento de nuestra armadura.

³³ SAP 2000.- CAD 2008.- Programa de Análisis Estructural aplicado a la ingeniería civil.

³⁴ Redacción final para el uso de SAAP en estructuras de acero





9.- ADMINISTRACION Y COSTOS DE OBRA DE FERROCARRIL.



9.-INTRODUCCION

Para la realización de nuestra siguiente unidad, veremos cómo se le da continuidad a nuestro proyecto, es decir en este capítulo haremos la recopilación de nuestros datos obtenidos en el proyecto ya propuesto, para comenzar hacer un programa de obra.

Como referencia hagamos un comentario rápido de la ubicación de nuestro proyecto.

Pues bien nuestra vía férrea la localizamos en el estado de Hidalgo, y nuestro tramo será del municipio de Cuatepec de Hinojosa a Hueyapan.¹

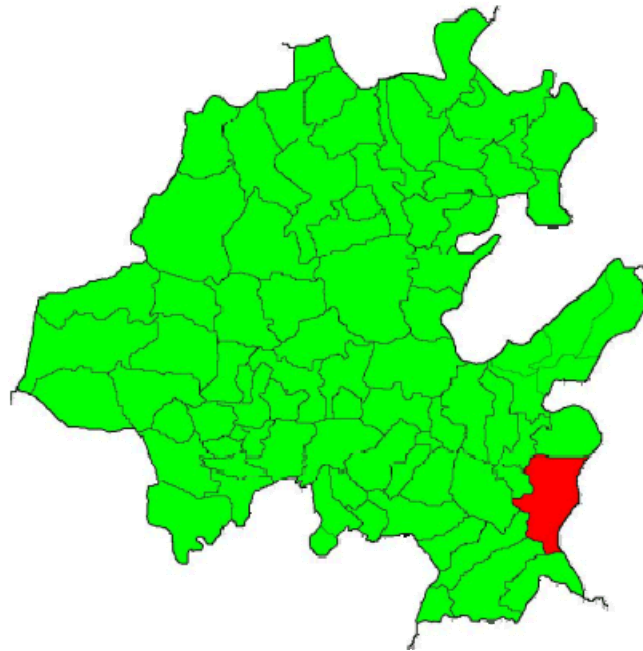


Fig. 9.1 Localización de los Municipios de Cuatepec de Hinojosa y Hueyapan en el Estado de Hidalgo.

Limita al norte con los municipios de Tulancingo de Bravo y Acaxochitlán; al este con el municipio de Acaxochitlán y el Estado de Puebla; al sur con el Estado de Puebla y los municipios de Apan y Tepeapulco; al oeste con los municipios de Tepeapulco, Singuilucan, Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero y Tulancingo de Bravo.

Extensión

Cuenta con una extensión territorial de 372.60 kilómetros cuadrados y representa el 1.78% respecto a la superficie total del Estado.

Orografía

Se ubica en el Eje Neovolcánico formado por lomeríos en un 30%, llanuras 25%, sierra 25% y por mesetas 20%.

¹ Comunidades elegidas ya que como referencia, existía anteriormente una vía férrea, además de que cuentan con un comercio que no solo es trasladado en el municipio si no a la Ciudad de México.



Hidrografía

El municipio cuenta con una superficie montañosa, Sus principales elevaciones son el Volcán Coatzetzingo y Cerro La Manilla, ambos con una altitud de 2,930 metros sobre el nivel del mar (msnm). También está el Cerro de la Paila con 2,820 msnm, el Cerro Buenavista con 2,780 msnm, el Cerro El Comal con 2,640 msnm, el Cerro el Toronjil con 2,600 msnm, la Mesa Cima de Togo con 2,540 msnm y el Cerro Verde con 2,560 msnm.



Fig. 9.2 formaciones rocosas “Las Peñitas”. Ubicadas en el estado de Hidalgo.

Clima

El clima es templado frío, registra una temperatura media anual de 15°C con una precipitación pluvial anual de 600 a 1100 mm.

INFRAESTRUCTURA SOCIAL Y DE COMUNICACIONES

Cuenta con Educación, salud, vivienda, servicios básicos)

Vías de Comunicación

La longitud de la red carretera con la que cuenta el municipio es de 26 kilómetros correspondientes a alimentadoras estatales. Cuenta con 61 kilómetros de caminos rurales.

ACTIVIDAD ECONÓMICA

Principales Sectores, Productos y Servicios

Los cultivos que se producen en este municipio son principalmente el maíz, éste es sembrado y cosechado en 8,187 hectáreas de las cuales 702 son de riego y 4,109 son de temporal. La cebada en grano es sembrada en 9,111 hectáreas en tierras de temporal de las cuales sólo se cosechan 4,531. La





Las características que llevara nuestro proyecto son las siguientes:

CAMINO TIPO A
VELOCIDAD DE PROYECTO 90 KMH
PLANO
PENDIENTE GOBERNADORA 3%
PENDIENTE MAXIMA 5%
LONGITUD DE LA VIA

Toda la información que obtengamos al respecto será de inigualable valor, ya que aplicaremos cada uno de los datos y procedimientos que usamos en la realización del proyecto.

Como introducción veremos que para poder cuantificar y llevar un control debemos realizar un programa y calendario de obra tenemos que tener una clara idea del procedimiento constructivo de una vía de ferrocarril mediante un catálogo de conceptos y de igual manera cuanto nos genera económicamente este proyecto y así poder analizar si es rentable o no su construcción y para esto podemos ayudarnos de los capítulos anteriores.

Ya que con esto podremos llevar a nuestra obra al éxito, dado que nuestra administración será muy eficiente y por lo tanto nos causara menos problemas.

Conocemos que para conjuntar los pasos constructivos y en un orden, los colocaremos un Catalogo de conceptos.²

Que este a su vez nos llevara de la mano para obtener nuestros costos de una obra de ferrocarril. Y sin duda una de las mejores Herramientas para poder realizar esta unidad será Neodata 2006³, mediante este Software aplicaremos nuestros datos para un mejor resultado.

² El catálogo de conceptos dentro de la industria de la construcción se refiere a un listado de las actividades que se desarrollan o intervienen en una edificación, desarrollo o actividad cualquiera que sea en la rama constructiva en el cual se especifican 1.- La descripción detallada de la actividad 2.-La unidad que se maneja dentro del concepto 3.-Las cantidades cuantitativas del concepto del que se trate 4.-Los costos por "unidad" etc.

³ Este software es el que utilizaremos en este capítulo, sin embargo existen otros también aplicables para la obtención de los costos de obra.





A continuación mostraremos el procedimiento para el cálculo de las tablas de sobre acarreo⁴.

Para obtener esta tabla se vaciaron algunos datos de los reportes que genera civilcad para poder conocer los volúmenes totales que requerimos.

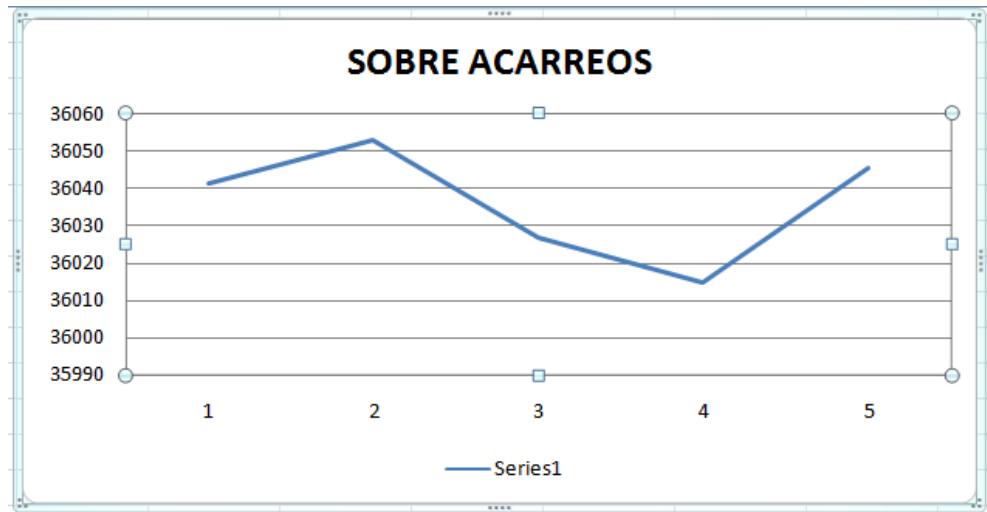
	A	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM	AN	AO	AP	AQ	AR
1	1	10					11	12	13		14		15	16	17
2	Estación	VOLUMEN					COEF. VARIAB. VOL.	VOL. ABUND.	TOTAL		SUMA ALGEBRAICA		ORDENADA CURVA MASA	VOL. FINOS	ORDENADA CURVA MASA FINOS
3		TERRAPLEN							CORTE	TERR	CORTE (+)	TERR (-)			
4		CT	CY	CS	SB	B									
8		0+060.000	0	47	64	48			34	1.03	418	418			
9	0+080.000	0	47	64	48	34	1.03	442	442	0.40	441	0	11501	192.08	49232
10	0+100.000	0	47	64	48	34	1.03	436	436	0.40	436	0	11937	192.08	49040
11	0+120.000	0	47	64	48	34	1.03	406	406	0.40	406	0	12342	192.08	48848
12	0+140.000	0	47	64	48	34	1.03	363	363	0.40	363	0	12705	192.08	48655
13	0+160.000	0	47	64	48	34	1.03	312	312	0.40	312	0	13017	192.08	48463
14	0+180.000	0	47	64	48	34	1.03	255	255	0.40	255	0	13272	192.08	48271
15	0+200.000	0	47	64	48	34	1.03	190	190	0.40	190	0	13462	192.08	48079
16	0+220.000	1	47	64	48	34	1.03	119	119	0.72	118	0	13580	192.08	47887
17	0+240.000	5	47	64	48	34	1.03	69	69	4.66	64	0	13644	192.08	47695
18	0+260.000	4	47	64	48	34	1.03	91	91	4.38	86	0	13730	192.08	47503
19	0+280.000	0	47	64	48	34	1.03	157	157	0.43	157	0	13887	192.08	47311
20	0+300.000	0	47	64	48	34	1.03	208	208	0.40	208	0	14095	192.08	47119
21	0+320.000	0	47	64	48	34	1.03	233	233	0.40	233	0	14327	192.08	46927
22	0+340.000	0	47	64	48	34	1.03	238	238	0.40	237	0	14565	192.08	46735
23	0+360.000	0	47	64	48	34	1.03	230	230	0.40	230	0	14794	192.08	46543
24	0+380.000	0	47	64	48	34	1.03	203	203	0.40	203	0	14997	192.08	46351
25	0+400.000	0	47	64	48	34	1.03	181	181	0.40	181	0	15178	192.08	46158

Fig.- 9.3 Tabla ordenada curva masa.

⁴ En esta tabla observamos algunos datos que nos genera civilcad al realizar el proyecto.



Una vez calculada la tabla anterior podemos graficar una escala adecuada el número de sobreacarreos que nos marca la columna 15 seleccionando los valores donde hay variación de elevaciones.



9.4 Grafica de sobreacarreos.

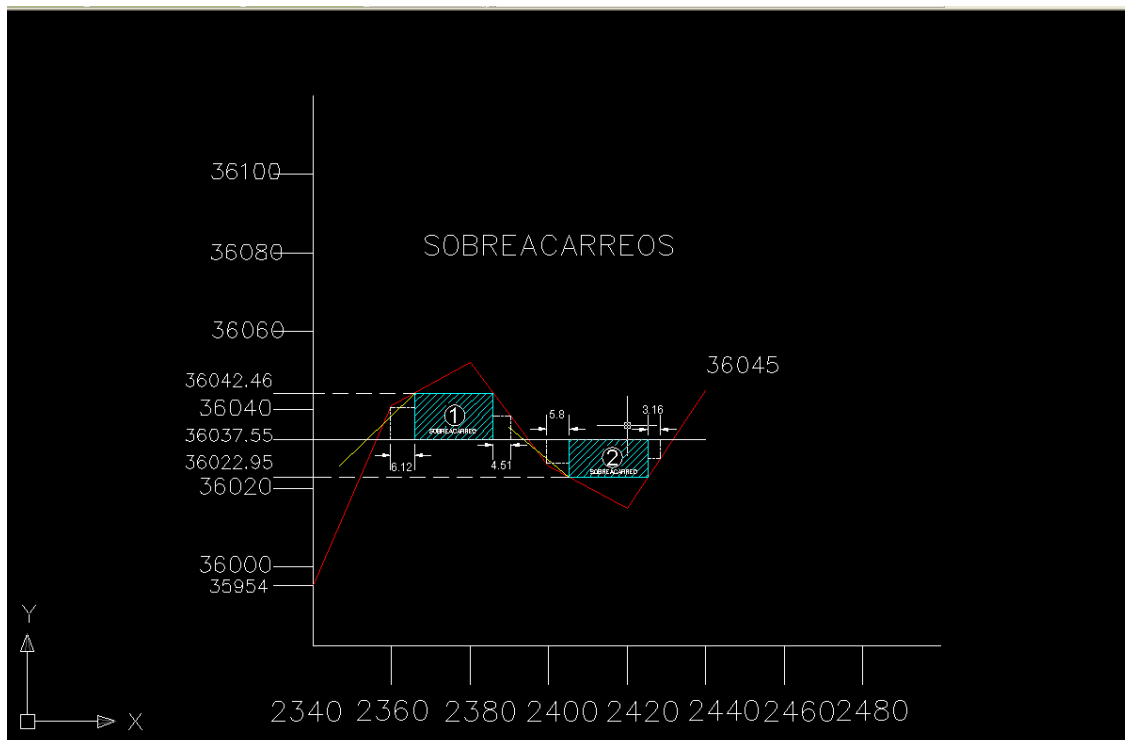


Fig. 9.5 Esta grafica fue realizada por medio de los datos obtenidos en la tabla de la curva masa. Graficando la columna # 15 correspondiente a la ordenada curva masa⁵

⁵ Esta grafica fue dibujada a escala 1:20 horizontal y verticalmente, para poder tener una mejor apreciación.





Una vez obtenidos los volúmenes totales de la columna N° 10, realizamos la sumatorias para poder llenar los formatos de la fig. 9.7

A	B	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI
1	2				9	10							
Estación	ELEV. TN	ERRAPLEN			D/2	ESCAR		CORTE		TERRAPLEN			
		CS	SB	B			AD	AC	CT	CY	CS	SB	B
3+780.000	2253.394	6.38	4.75	3.42	10	48.40	68.79	138.30	0.40	46.67	63.75	48	34
3+800.000	2253.502	6.38	4.75	3.42	10	48.40	68.90	148.48	0.40	46.67	63.75	48	34
3+820.000	2253.681	6.38	4.75	3.42	10	48.40	69.27	179.17	0.40	46.67	63.75	48	34
3+840.000	2253.933	6.38	4.75	3.42	10	48.40	69.72	216.91	0.40	46.67	63.75	48	34
3+860.000	2254.207	6.38	4.75	3.42	10	48.40	70.13	252.92	0.40	46.67	63.75	48	34
3+880.000	2254.484	6.38	4.75	3.42	10	48.40	70.40	276.60	0.40	46.67	63.75	48	34
3+900.000	2254.769	6.38	4.75	3.42	10	48.40	70.54	288.56	0.40	46.67	63.75	48	34
3+920.000	2255.042	6.38	4.75	3.42	10	48.40	70.61	295.19	0.40	46.67	63.75	48	34
3+940.000	2255.260	6.38	4.75	3.42	10	48.40	70.56	290.89	0.40	46.67	63.75	48	34
3+960.000	2255.477	6.38	4.75	3.42	10	48.40	70.40	276.42	0.40	46.67	63.75	48	34
3+980.000	2255.681	6.38	4.75	3.42	10	48.40	70.21	259.41	0.40	46.67	63.75	48	34
4+000.000	2255.885	6.38	4.75	3.42	10	48.40	69.99	240.40	0.40	46.67	63.75	48	34
TOTAL=						10605	14090	49331	272	9477	16161	6541	11184

33885

Fig. 9.6 Esta tabla se muestra la sumatoria de la columna # 10.





CANTIDADES DE OBRA

TERRACERIAS

VIA DE FERROCARRIL: CUAUTEPEC DE HINOJOSA - HUEYAPAN					
TRAMO :		0+000 AKM : 4+000			
DE KM :		ORIGEN : CUAUTEPEC DE HINOJOSA			
TOTALES					
DESPALME {		EN CORTE		14090	m ³
		EN AREAS DE TERRAPLEN			m ³
EXCAVACIONES <small>(Incluidas en estacion)</small>	CORTES Y EXCAVACIONES ADICIONALES		VOL. APROVECHADO	38	m ³
			VOL. DESPERDICIADO	30501	m ³
	CAJAS		VOL. APROVECHADO		m ³
			VOL. DESPERDICIADO		m ³
	MAT. INADECUADO		VOL. APROVECHADO		m ³
			VOL. DESPERDICIADO		m ³
	ESCALON DE LIGA		VOL. APROVECHADO		m ³
		VOL. DESPERDICIADO		m ³	
MATERIAL A	m ³				
MATERIAL B	m ³				
MATERIAL C	m ³				
		TOTAL			m ³
PRESTAMO <small>(Incluidas en el banco)</small>	DEL BANCO	47626	m ³	MATERIAL A	9525 m ³
	DEL BANCO		m ³	MATERIAL B	33338 m ³
	DEL BANCO		m ³	MATERIAL C	4763 m ³
	DEL BANCO		m ³		
	DESPALME TOTAL			m ³	PRESTAMO TOTAL
COMPACTACIONES <small>(Incluidas en terraplen)</small>	DEL TERRENO NATURAL EN EL AREA		A 90 %	10605	m ³
	DE DESPLANTE DE TERRAPLENES		A 95 %		m ³
	DE LA CAMA DE LOS CORTES		A 95 %		m ³
			A 100 %		m ³
FORMACION Y COMPACTACION <small>(Incluidas en el terraplen)</small>	DE TERRAPLENES CON O SIN CUÑA DE AFINAMIENTO		BANDEADO		m ³
			A 90 %	272	m ³
			A 95 %	9477	m ³
	DE LA CAPA SUPERIOR DE TERRAPLENES CONSTRUIDA SOBRE MATERIAL NO COMPACTABLE		A 95 %		m ³
			A 100 %		m ³
	DEL RELLENO DE LAS CAJAS EN EXCAVACIONES		A 95 %		m ³
			A 100 %		m ³
ESCARIFICACION, ACAMELLONADO		A 95 %		m ³	
TENDIDO Y COMPACTADO. (EXACTECO)		A 100 %		m ³	
SOBRECARREDES	MATERIAL PRODUCTO DE LOS CORTES				
	m ³ Estación	m ³ a 1.0 Hm	m ³ Hm+1	m ³ a 5.0 Hm	m ³ Hm+1
	9				
	MATERIAL PRODUCTO DE LOS DESPERDICIOS				
	MATERIAL PRODUCTO DE LOS PRESTAMOS DE BANCO				
	m ³ 1.0 Km	m ³ Km+1		Val. agua m ³	m ³ Km
	47626	190504			

Fig.-9.7 tabla de cantidades de obra.⁶

⁶ Esta tabla tendrá las cantidades totales obtenidas de la tabla de ordenada cura masa.





S. C. T.		VIA: CUALTEPEC DE HINOJOSA - HUEYAPAN			
DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS FEDERALES DEPARTAMENTO DE PROYECTO DEFINITIVO OFICINA DE DE PROYECTO DE TERRACERIAS		SUBTRAMO _____			
		DEEST. 2+340		AEST. 2+480	
		ORIGEN CUALTEPEC DE HINOJOSA			
CALCULO DE SOBRECARREROS					
(1)	S/A	$\frac{4.91}{1.03}$	X	0.53	= 2.5265
(2)	S/A	$\frac{14.60}{1.03}$	X	0.44	= 6.2369
(3)	S/A	_____	X	=	_____
	S/A	_____	X	=	_____
(4)	S/A	_____	X	=	_____
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____	X	=	m ³
()	S/A	_____			

Para nuestro proyecto en particular tuvimos que buscar un Banco de préstamo, ya que nos generaba grandes cantidades de corte de material para el cual realizamos esta grafica.

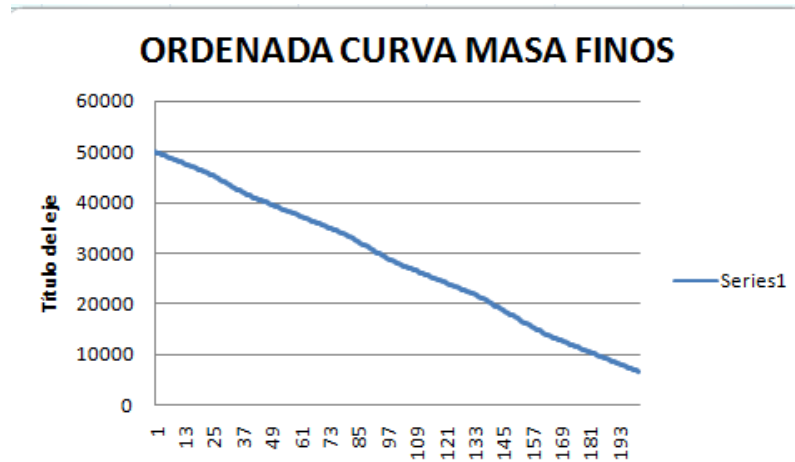


Fig. 9.9 grafica ordenada curva masa finos

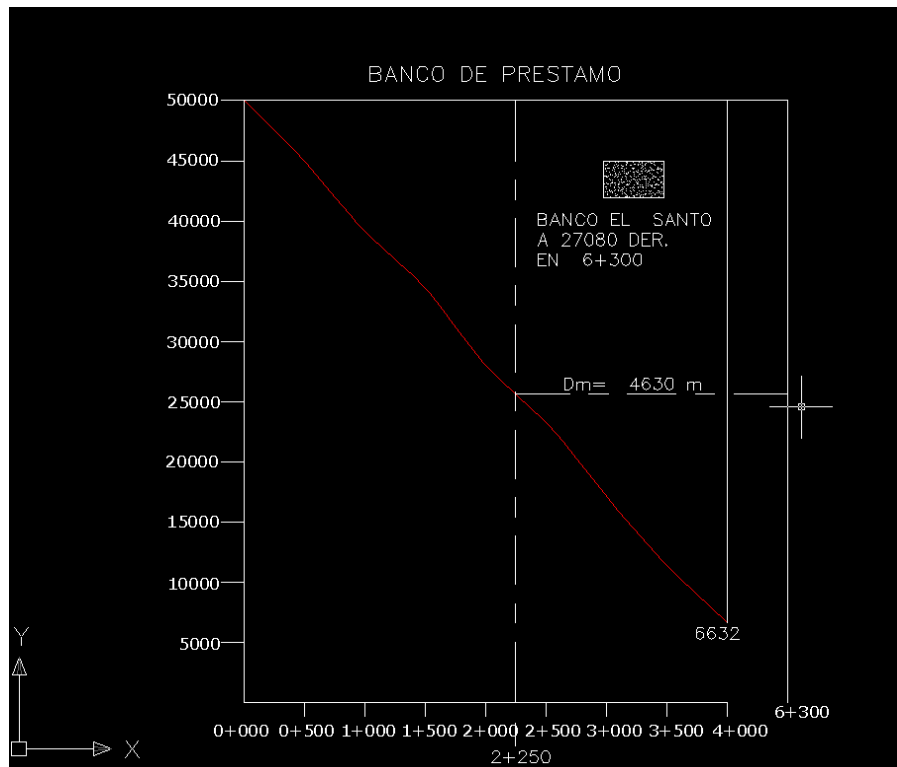


Fig.-9.10 Grafica de banco de préstamo.⁸

⁸ Esta grafica se realiza con la columna # 17 de la tabla de ordenada curva masa, en escala 1: 5000 horizontal y verticalmente.





LINEA DE FERROCARRIL : CUAUTEPEC DE HINOJOSA - HUEYAPAN
 TRAMO : 0+000 A KM : 4+000
 DE KM : A KM : 4+000
 ORIGEN : CUAUTEPEC DE HINOJOSA

**PRESTAMOS DE BANCO
 CLASIFICACIONES Y SOBRECARREROS**

(I)	PRESTAMO DEL BANCO EL PIRULI	DIER.	DE EST	6-300
	m.			
	27080	70	10	
	2-340	A KM	2+480	
	Clasificación :	0	100	0
	DE KM	A KM		
	Geométrico en el Terraplén =	43362	m3	
	Compactado a 100 % = $\frac{33885}{0.30}$	37650	m3	
	Compactado a 85 % = $\frac{3477}{0.35}$	9976	m3	
	Compactado a 80 % = $\frac{100}{1.00}$	0	m3	
	Geométrico en el Préstamo =	47626	m3	
	Dist. Media =	4630.00	m.	
	47626	m3 al 1er Km.		
	47626	m3 X	4.0	Km =
	3525	m3	B= 33338	m3
	C=	4763	m3	
	PRESTAMO DEL BANCO			
	m.			
	3			
	Clasificación :	0	100	0
	DE KM	A KM		
	Geométrico en el Terraplén =	0	m3	
	Compactado a 100 % =		m3	
	Compactado a 85 % =		m3	
	Compactado a 80 % =		m3	
	Geométrico en el Préstamo =		m3	
	Dist. Media =		m.	
	0	m3 al 1er Km.		
	0	m3 X	0.0	Km =
	0	m3	B= 0	m3
	C=	0	m3	
	PRESTAMO DEL BANCO			
	m.			
	3			
	Clasificación :	0	100	0
	DE KM	A KM		
	Geométrico en el Terraplén =		m3	
	Compactado a 100 % =		m3	
	Compactado a 85 % =		m3	
	Compactado a 80 % =		m3	
	Geométrico en el Préstamo =		m3	
	Dist. Media =		m.	
	0	m3 al 1er Km.		
	0	m3 X	0.0	Km =
	0	m3	B= 0	m3
	C=	0	m3	
	PRESTAMO DEL BANCO			
	m.			
	3			
	Clasificación :	0	100	0
	DE KM	A KM		
	Geométrico en el Terraplén =		m3	
	Compactado a 100 % =		m3	
	Compactado a 85 % =		m3	
	Compactado a 80 % =		m3	
	Geométrico en el Préstamo =		m3	
	Dist. Media =		m.	
	0	m3 al 1er Km.		
	0	m3 X	0.0	Km =
	0	m3	B= 0	m3
	C=	0	m3	
	PRESTAMO DEL BANCO			
	m.			
	3			
	Clasificación :	0	100	0
	DE KM	A KM		
	Geométrico en el Terraplén =		m3	
	Compactado a 100 % =		m3	
	Compactado a 85 % =		m3	
	Compactado a 80 % =		m3	
	Geométrico en el Préstamo =		m3	
	Dist. Media =		m.	
	0	m3 al 1er Km.		
	0	m3 X	0.0	Km =
	0	m3	B= 0	m3
	C=	0	m3	
	PRESTAMO DEL BANCO			
	m.			
	3			
	Clasificación :	0	100	0
	DE KM	A KM		
	Geométrico en el Terraplén =		m3	
	Compactado a 100 % =		m3	
	Compactado a 85 % =		m3	
	Compactado a 80 % =		m3	
	Geométrico en el Préstamo =		m3	
	Dist. Media =		m.	
	0	m3 al 1er Km.		
	0	m3 X	0.0	Km =
	0	m3	B= 0	m3
	C=	0	m3	
	PRESTAMO DEL BANCO			
	m.			
	3			
	Clasificación :	0	100	0
	DE KM	A KM		
	Geométrico en el Terraplén =		m3	
	Compactado a 100 % =		m3	
	Compactado a 85 % =		m3	
	Compactado a 80 % =		m3	
	Geométrico en el Préstamo =		m3	
	Dist. Media =		m.	
	0	m3 al 1er Km.		
	0	m3 X	0.0	Km =
	0	m3	B= 0	m3
	C=	0	m3	
	PRESTAMO DEL BANCO			
	m.			
	3			
	Clasificación :	0	100	0
	DE KM	A KM		
	Geométrico en el Terraplén =		m3	
	Compactado a 100 % =		m3	
	Compactado a 85 % =		m3	
	Compactado a 80 % =		m3	
	Geométrico en el Préstamo =		m3	
	Dist. Media =		m.	
	0	m3 al 1er Km.		
	0	m3 X	0.0	Km =
	0	m3	B= 0	m3
	C=	0	m3	
	PRESTAMO DEL BANCO			
	m.			
	3			
	Clasificación :	0	100	0
	DE KM	A KM		
	Geométrico en el Terraplén =		m3	
	Compactado a 100 % =		m3	
	Compactado a 85 % =		m3	
	Compactado a 80 % =		m3	
	Geométrico en el Préstamo =		m3	
	Dist. Media =		m.	
	0	m3 al 1er Km.		
	0	m3 X	0.0	Km =
	0	m3	B= 0	m3
	C=	0	m3	
	PRESTAMO DEL BANCO			
	m.			
	3			
	Clasificación :	0	100	0
	DE KM	A KM		
	Geométrico en el Terraplén =		m3	
	Compactado a 100 % =		m3	
	Compactado a 85 % =		m3	
	Compactado a 80 % =		m3	
	Geométrico en el Préstamo =		m3	
	Dist. Media =		m.	
	0	m3 al 1er Km.		
	0	m3 X	0.0	Km =
	0	m3	B= 0	m3
	C=	0	m3	
	PRESTAMO DEL BANCO			
	m.			
	3			
	Clasificación :	0	100	0
	DE KM	A KM		
	Geométrico en el Terraplén =		m3	
	Compactado a 100 % =		m3	
	Compactado a 85 % =		m3	
	Compactado a 80 % =		m3	
	Geométrico en el Préstamo =		m3	
	Dist. Media =		m.	
	0	m3 al 1er Km.		
	0	m3 X	0.0	Km =
	0	m3	B= 0	m3
	C=	0	m3	
	PRESTAMO DEL BANCO			
	m.			
	3			
	Clasificación :	0	100	0
	DE KM	A KM		
	Geométrico en el Terraplén =		m3	
	Compactado a 100 % =		m3	
	Compactado a 85 % =		m3	
	Compactado a 80 % =		m3	
	Geométrico en el Préstamo =		m3	
	Dist. Media =		m.	
	0	m3 al 1er Km.		
	0	m3 X	0.0	Km =
	0	m3	B= 0	m3
	C=	0	m3	
	PRESTAMO DEL BANCO			
	m.			
	3			
	Clasificación :	0	100	0
	DE KM	A KM		
	Geométrico en el Terraplén =		m3	
	Compactado a 100 % =		m3	
	Compactado a 85 % =		m3	
	Compactado a 80 % =		m3	
	Geométrico en el Préstamo =		m3	
	Dist. Media =		m.	
	0	m3 al 1er Km.		
	0	m3 X	0.0	Km =
	0	m3	B= 0	m3
	C=	0	m3	
	PRESTAMO DEL BANCO			
	m.			
	3			
	Clasificación :	0	100	0
	DE KM	A KM		
	Geométrico en el Terraplén =		m3	
	Compactado a 100 % =		m3	
	Compactado a 85 % =		m3	
	Compactado a 80 % =		m3	
	Geométrico en el Préstamo =		m3	
	Dist. Media =		m.	
	0	m3 al 1er Km.		
	0	m3 X	0.0	Km =
	0	m3	B= 0	m3
	C=	0	m3	
	PRESTAMO DEL BANCO			
	m.			
	3			
	Clasificación :	0	100	0
	DE KM	A KM		
	Geométrico en el Terraplén =		m3	
	Compactado a 100 % =		m3	
	Compactado a 85 % =		m3	
	Compactado a 80 % =		m3	
	Geométrico en el Préstamo =		m3	
	Dist. Media =		m.	
	0	m3 al 1er Km.		
	0	m3 X	0.0	Km =
	0	m3	B= 0	m3
	C=	0	m3	
	PRESTAMO DEL BANCO			
	m.			
	3			
	Clasificación :	0	100	0
	DE KM	A KM		
	Geométrico en el Terraplén =		m3	
	Compactado a 100 % =		m3	
	Compactado a 85 % =		m3	
	Compactado a 80 % =		m3	
	Geométrico en el Préstamo =		m3	
	Dist. Media =		m.	
	0	m3 al 1er Km.		
	0	m3 X	0.0	Km =
	0	m3	B= 0	m3
	C=	0	m3	
	PRESTAMO DEL BANCO			
	m.			
	3			
	Clasificación :	0	100	0
	DE KM	A KM		
	Geométrico en el Terraplén =		m3	
	Compactado a 100 % =		m3	
	Compactado a 85 % =		m3	
	Compactado a 80 % =		m3	
	Geométrico en el Préstamo =		m3	
	Dist. Media =		m.	
	0	m3 al 1er Km.		
	0	m3 X	0.0	Km =
	0	m3	B= 0	m3
	C=	0	m3	
	PRESTAMO DEL BANCO			
	m.			
	3			
	Clasificación :	0	100	0
	DE KM	A KM		
	Geométrico en el Terraplén =		m3	
	Compactado a 100 % =		m3	
	Compactado a 85 % =		m3	
	Compactado a 80 % =		m3	
	Geométrico en el Préstamo =		m3	
	Dist. Media =		m.	
	0	m3 al 1er Km.		
	0	m3 X	0.0	Km =
	0	m3	B= 0	m3
	C=	0	m3	
	PRESTAMO DEL BANCO			
	m.			
	3			
	Clasificación :	0	100	0
	DE KM	A KM		
	Geométrico en el Terraplén =		m3	
	Compactado a 100 % =		m3	
	Compactado a 85 % =		m3	
	Compactado a 80 % =		m3	
	Geométrico en el Préstamo =		m3	
	Dist. Media =		m.	
	0	m3 al 1er Km.		
	0	m3 X	0.0	Km =
	0	m3	B= 0	m3
	C=	0	m3	
	PRESTAMO DEL BANCO			
	m.			
	3			
	Clasificación :	0	100	0
	DE KM	A KM		
	Geométrico en el Terraplén =		m3	
	Compactado a 100 % =		m3	
	Compactado a 85			



S. C. T.				VIA DE FERROCARRIL <u>CUAUTEPEC DE HINOJOSA - HUEYAPAN</u>			
DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS FEDERALES DE PROYECTO DEFINITIVO				SUBTRAMO _____			
PROYECTO DE TERRACERIAS				DEPARTAMENTO DE EST. <u>0+000</u> A EST. <u>4+000</u>			
				OFICINA DE DE _____			
				ORIGEN <u>CUAUTEPEC DE HINOJOSA</u>			

UBICACIÓN DEL CORTE	ESTRADO	CLASIFICACIONES	VOLUMENES				UBICACIÓN DEL CORTE	ESTRADO	CLASIFICACIONES	VOLUMENES				
			Total	A	B	C				Total	A	B	C	
0+000	2	30 50 20	49331	14799.3	24665	9866.2								
a	3													
4+000		SUMA	49331	14799.3	24665	9866.2			SUMA					
a	2													
a	3													
		SUMA							SUMA					
a	2													
a	3													
		SUMA							SUMA					
a	2													
a	3													
		SUMA							SUMA					
a	2													
a	3													
		SUMA							SUMA					
a	2													
a	3													
		SUMA							SUMA					
a	2													
a	3													
		SUMA							SUMA					

Fig.-9.12 tabla de clasificación de cortes.⁹

⁹ Como nuestro proyecto siempre hubo cortes en el terreno por eso se lleno únicamente la primera columna.



9.1 PARTIDAS, CATALOGO MAESTRO CON EL PROGRAMA NEODATA

Para comenzar a trabajar con este programa lo primero que necesitamos es ordenar los conceptos que ingresaremos al programa de manera general¹⁰. Es decir ingresar a NEODATA nuestras siguientes partidas (A.- Terracerías en vía, B.- Trabajos de vía y C.- Trabajos extraordinarios).

	Tipo	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Importe
	0	TERRACERIAS EN VIA		0.0000	\$0.00	\$0.00
	0	TRABAJOS DE VIA		0.0000	\$0.00	\$0.00
	0	TRABAJOS EXTRAORDINARIOS		0.0000	\$0.00	\$0.00
	*					

Fig. 9.1.1 Véase partidas generadas.

Para nuestro caso en particular tendremos los siguientes conceptos:

Partida A

- Despalme de 0.5 a 0.10 cm de espesor.
- Excavación en cortes de material aprovechable.
- Compactación del terreno natural al 90%.
- Formación y compactación del terraplén al 90%.

Partida B

- Distribución de riel.
- Suministro, transporte, descarga y distribución del balasto.

Partida C

- Reubicación de postes de CFE.

¹⁰ En neodata ocuparemos el nombre de partidas



Partida :A TERRACERIAS EN VIA Costo: \$0.00 Importe: \$0.00

Presupuesto	Mar	*	Código	Tipo	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Importe	Ind.
A	<input type="checkbox"/>	J	DESPALM	4	Despalme de 5 cm. de espesor de cap	M2	0.0000	\$0.00	\$0.00	<input type="checkbox"/>
B	<input type="checkbox"/>	J	EAE02IIA	4	Excavación en cortes de material apro	M3	0.0000	\$0.00	\$0.00	<input type="checkbox"/>
C	<input type="checkbox"/>	J	COMPMA	4	Compactación del terreno natural al 90	M2	0.0000	\$0.00	\$0.00	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>		FCOM	4	Formación y compactacion	M3	0.0000	\$0.00	\$0.00	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	*								<input type="checkbox"/>

Fig. 9.1.2 Véase partida A los conceptos que la componen.

El programa nos proporciona una ayuda llamada “maestro”¹¹ del cual tomamos algunos conceptos, pero también nos da la oportunidad de poder crear conceptos nuevos que tendrán que desglosarse para poder obtener el precio real que costaría¹².

Partida :A TERRACERIAS EN VIA Costo: \$0.00 Importe: \$0.00

Presupuesto	Mar	*	Código	Tipo	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Importe
A	<input type="checkbox"/>		DESPALM	4	Despalme de 5 cm. de espesor de capa veg	M2	14,090.0000	\$9.62	\$135,545.80
B	<input type="checkbox"/>		EAE02IIA	4	Excavación en cortes de material aproveca	M3	49,331.0000	\$31.71	\$1,564,286.01
C	<input checked="" type="checkbox"/>		COMPMA	4	Compactación del terreno natural al 90%	M3	10,605.0000	\$4.33	\$45,919.65

fcom formación y compactacion m3 Precio=2252.67 Costo=1769.51 Dolares=0

Formacion y compactación del terraplen al 90%.

Código	Descripción	Tipo	Unidad	Costo M.N.	/	Cantidad	Importe M.N.
C-01	CUADRILLA No 1	2	JOR	\$230.00	*	1.000000	\$230.00
EQMOTO	MOTONIVELADORA CAT. 120H, DE 140 HP	3	HOR	\$572.96	*	1.000000	\$572.96
EQD6R	TRACTOR DE DRUGAS CAT D6R 165 HP, 180C	3	HOR	\$627.05	*	1.000000	\$627.05
EQVAP	VIBROCOMPACTADOR VAP 70	3	HOR	\$339.50	*	1.000000	\$339.50
*							

Fig. 9.1.3 Ayuda “Maestro”.

¹¹ Un “maestro” en un catalogo ya formado en neodata del cual se pueden obtener conceptos que nos servirán como guías.

¹² En la siguiente fig. se muestra el desglose.



Terminado este paso ingresaremos las cantidades de obra en el concepto que les corresponda que a su vez el programa multiplicara esa cantidad por un precio y como resultado nos dará el importe por cada concepto.

Presupuesto	Mar	Código	Tipo	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Importe
A	<input type="checkbox"/>	DESPALM	4	Despalme de 5 cm. de espesor de capa veg	M2	14,090.0000	\$9.62	\$135,545.80
B	<input type="checkbox"/>	EAE02IIA	4	Excavación en cortes de material aprovech	M3	49,331.0000	\$31.71	\$,564,286.01
C	<input type="checkbox"/>	COMPMA	4	Compactación del terreno natural al 90%	M3	10,605.0000	\$4.33	\$45,919.65
	<input type="checkbox"/>	FCOM	4	Formación y compactacion	M3	272.0000	\$2,252.67	\$0.00
	*							

Fig. 9.1.4 Ingresar cantidades de obra.

Para obtener el costo real de nuestra obra tenemos que pedirle al programa que nos calcule y como resultado nos dará el importe total de la obra por partida.

Presupuesto	Mar	Código	Tipo	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Importe	%
A	<input type="checkbox"/>	DESPALM	4	Despalme de 5 cm. de espesor de capa veg	M2	14,090.0000	\$9.62	\$135,545.80	0.58%
B	<input type="checkbox"/>	EAE02IIA	4	Excavación en cortes de material aprovech	M3	49,331.0000	\$31.71	\$,564,286.01	6.71%
C	<input type="checkbox"/>	COMPMA	4	Compactación del terreno natural al 90%	M3	10,605.0000	\$4.33	\$45,919.65	0.20%
	<input type="checkbox"/>	FCOM	4	Formación y compactacion	M3	272.0000	\$2,252.67	\$612,726.24	2.63%
	*								

Fig. 9.1.5 Importe total de la obra.





9.2.- PROGRAMA DE OBRA Y RUTA CRÍTICA

En el siguiente punto realizaremos el programa de obra y ruta crítica en el cual pondremos como manejaremos los periodos de la obra que en nuestro caso fue quincenalmente y con seis días laborables, el programa nos ordena los periodos en forma de barras y por conceptos como se muestra en la siguiente figura.

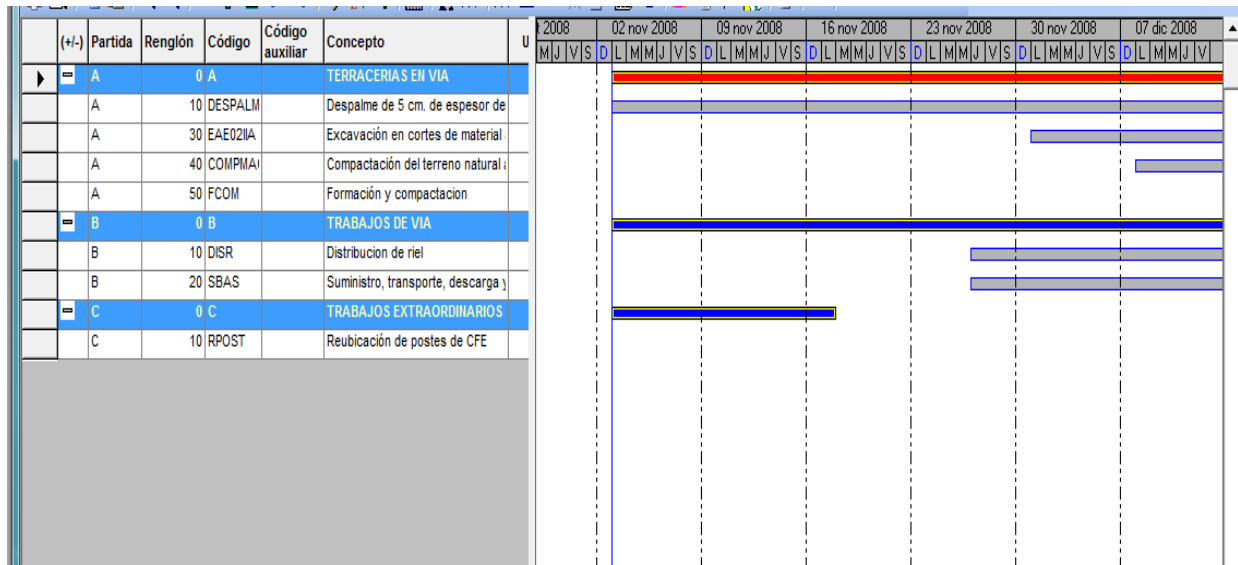


Fig. 9.2.1 En la imagen se puede apreciar la ruta crítica mediante barras¹³.

¹³ Existe la opción de elegir los días de la semana que se laboren dependiendo de las necesidades de nuestro proyecto.





Otra manera de representar la ruta crítica es mediante el diagrama de PERT que a continuación se muestra.

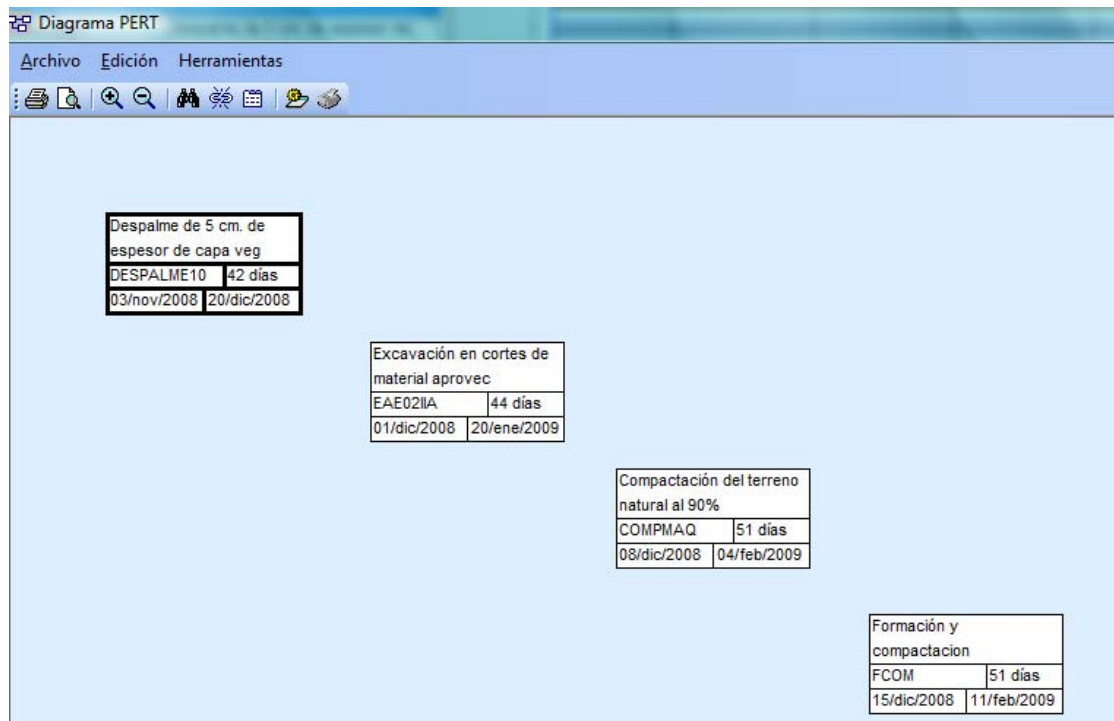


Fig. 9.2.2 En la imagen se puede apreciar la ruta crítica pero con el Diagrama de PERT.





En esta imagen se puede mostrar la vinculación de los trabajos ya sea fin-inicio, inicio-inicio, fin-fin, inicio-fin.

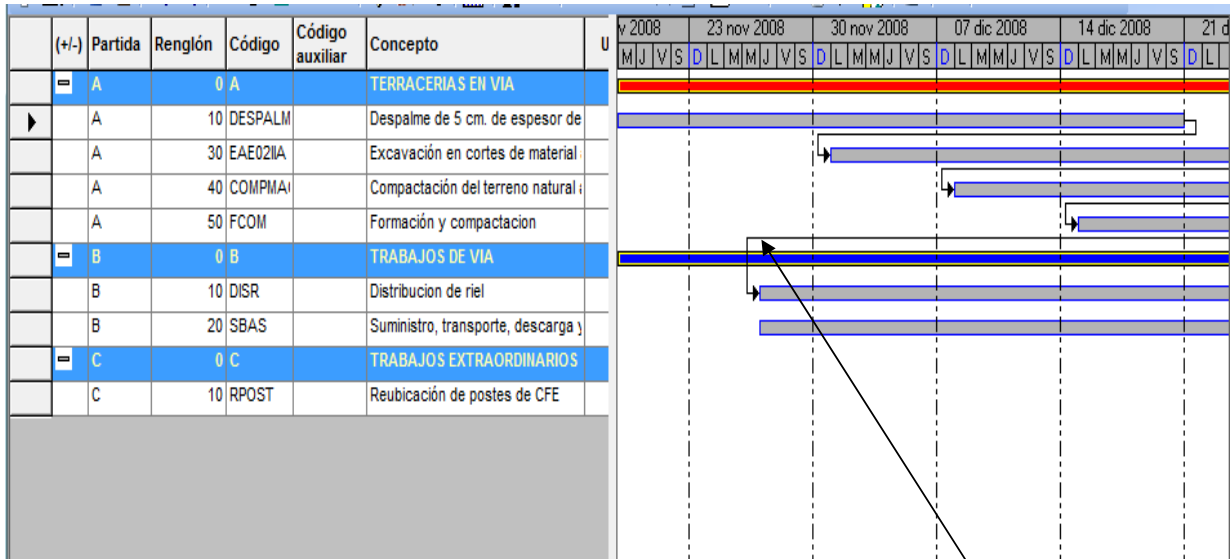


Fig. 9.2.3 Vinculación de conceptos.

Vinculación

Otra descripción que nos brinda el programa es el icono de FASAR que nos hace la importación de datos a una hoja de excel que va desde la captura de datos, factor de salario real, hasta las horas extras que intervienen en nuestro presupuesto.

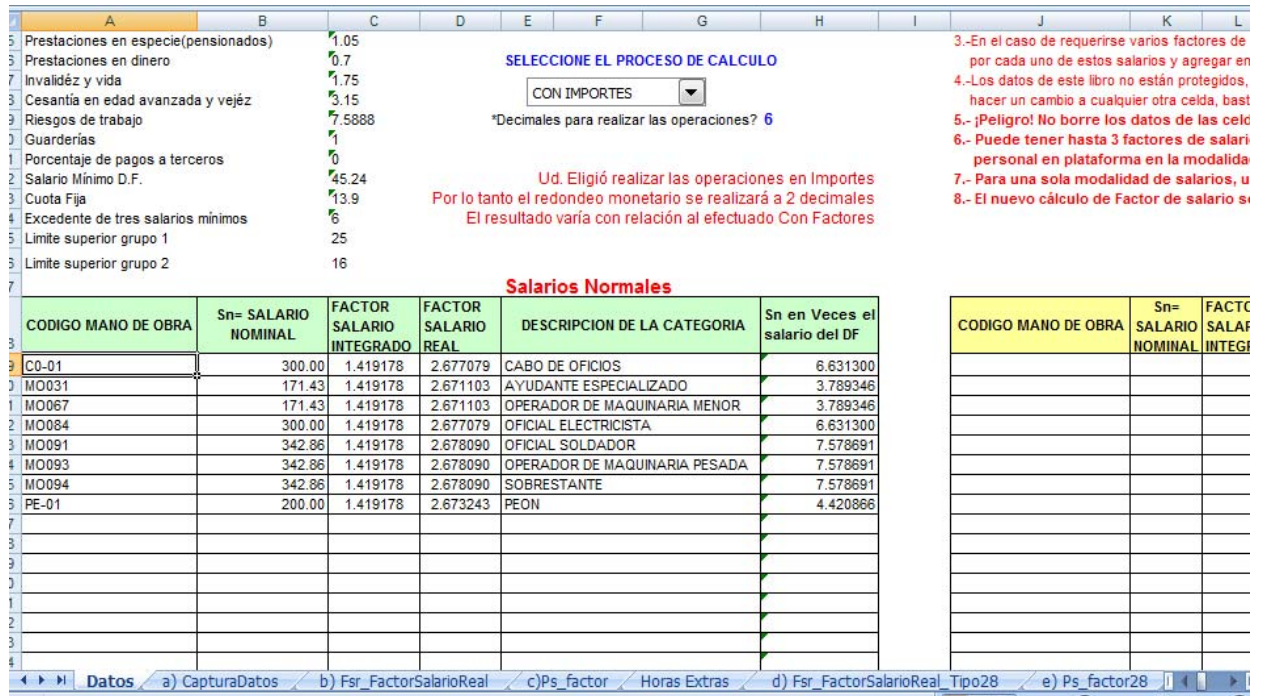


Fig. 9.2.4 Calculo del Factor de Salario Real.





9.3 SOBRE COSTO, CONFIGURACION DE INDIRECTOS

Para este punto utilizamos el icono de sobre costo (indirectos, financiamiento y utilidad) donde podemos modificar en las pestañas que nos generan en la hoja de excel el porcentaje de utilidad propuesta, y a su vez cambiar la hoja de cálculo como la que se muestra en la siguiente figura.

A	B	C	D	E	F	G	H
DATOS DE LA EMPRESA							
Nombre:	MOBASA S.A DE C.V						
Dirección:	INDEPENDENCIA # 17						
Ciudad:	ESTADO DE MEXICO						
R.F.C.:	MOB-180283						
Reg. CMIC:	CMIC						
Reg. Infonavit:	INFONAVIT						
Reg. IMSS:	IMSS						
Responsable:	ING. MIGUEL A. MORENO						
Cargo:	DIRECTOR GENERAL						
DATOS DE LA DEPENDENCIA							
Nombre:	ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA UNIDAD ZACATENCO						
Area:	INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL						
Departamento:	SEMINARIO DE PROYECTO DE FERROCARRILES						
DATOS DE LA OBRA							
Nombre de la Obra:	TERMINAL FERROVARIA CUAUTEPEC DE HINOJOSA TRAMO: CUAUTEPEC- HUEYAPAN						
Dirección:	HUEYAPAN						
Ciudad:	HIDALGO						
Estado:	HIDALGO						
Fecha de Inicio:	03/11/2008						
Fecha de Terminación:	02/03/2009						
Datos a)Plantilla b)Indirectos Desglosados c)Resumen Indirectos d)Pers.Técnico e)Pers.Técnico\$ f)Financiamien							

Fig. 9.3.1 Sobrecosto, configuración de indirectos¹⁴.

¹⁴ En esta opción también podemos revisar si el personal que elegimos es el correcto o debemos agregar algún cambio como se observa en las pestañas inferiores de la figura.





9.4 COSTOS DE OBRA DE FERROCARRILES

En este punto obtendremos los reportes finales de nuestro presupuesto, así como toda la información en hojas de excel ya sea de las matrices, de la propuesta económica y la propuesta técnica que una vez en excel se les puede dar el formato que necesitemos o alguna modificación.

Programa NEODATA (importación de reportes) \longleftrightarrow Reporte generado en excel.

The screenshot shows the Microsoft Excel interface with a report imported from NEODATA. The report content is as follows:

MOBASA S.A DE C.V
 Dependencia : ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 UNIDAD ZACATENCO
 Concurso No. MH/OPIR/18/08
 Obra: TERMINAL FERROVARIA
 CUAUTEPEC DE HINOJOSA
 TRAMO: CUAUTEPEC- HUEYAPAN
 Lugar: HUEYAPAN HIDALGO, HIDALGO

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Código	Concepto	Unidad	Costo	cantidad	Importe	%
Análisis: DESPALME10 Unidad: M2						
Despalme de 10 cms. de espesor de capa vegetal a maquina, incluye: mano de obra, equipo y herramienta.						
EQUIPO Y HERRAMIENTA						
	MOTONIVELADORA CAT. 120 H DE 140 HP	HOR	\$572.96	0.005000	\$2.86	37.83%
	TRACTOR DE ORUGAS CAT D6R 165 HP, 18000 HOR		\$627.05	0.007500	\$4.70	62.17%
	KG					
	Subtotal: EQUIPO Y HERRAMIENTA				\$7.56	100.00%
	Costo directo				\$7.56	
	INDIRECTOS	15%			\$1.13	
	SUBTOTAL				\$8.69	
	FINANCIAMIENTO	2.5%			\$0.22	
	SUBTOTAL				\$8.91	
	UTILIDAD	8%			\$0.71	
	PRECIO UNITARIO				\$9.62	
	(* NUEVE PESOS 62/100 M.N. *)					
	Cantidad utilizada de este concepto en el presupuesto 14090 Importe: 135545.8					

Fig. 9.4.1 Catalogo importado a Hoja de Cálculo en Excel¹⁵.

¹⁵ En los reportes podemos poner los datos de la dependencia o darle algún otro formato que nos sea conveniente.





10.- PROGRAMACION DE OBRA DE FERROCARRILES





10.1 INTRODUCCION

El cambio constante en los métodos constructivos y la gestión de obra civil, cada día son más complejos. Hoy en día debemos de hacer uso de herramientas tecnológicas que permitan a los ingenieros civiles, a optimizar la utilización de variables que se presentan en la construcción de cualquier obra. Estas variables están dadas por los materiales, los recursos humanos y los recursos económicos.

En la administración y en control de obra civil, deberán adecuarse la respectiva sistematización para los procedimientos administrativos, es decir debemos convertir los principios básicos en soluciones sistematizadas que puedan adecuarse a solucionar problemas específicos.

En este capítulo se analizará y elaborará el presupuesto de la construcción de la línea ferroviaria que va del Aeropuerto Internacional de Cancún¹ al centro urbano de la misma, ubicado en el estado de Quintana Roo². Este tramo comprende del kilometro 0+000 al 1+000. Con ayuda del software de ingeniería civil, se obtendrá la programación y los costos de nuestro proyecto, esto facilitará y reducirá el tiempo de desarrollo para presupuestar nuestra obra civil

Antes de utilizar el programa de precios unitarios se deberá de conocer las actividades que se realizarán para la ejecución de la vía férrea³, de esta manera se planeará y se elaborará el catálogo de conceptos para ingresar las matrices de precios unitarios de cada una de las partidas. Para iniciar el análisis, se determinaron las siguientes partidas de construcción.

1. PRELIMINARES
2. TERRACERIAS
3. SUBESTRUCTURA
4. ESTRUCTURA

De las cuales se desglosan de la siguiente forma.

1. PRELIMINARES

- 1.2 Trazo y nivelación con equipo topográfico
- 1.2 Despalme de material seco, clase I, en capas de 20.00 cm

2. TERRACERIAS

- 2.1 Formación del cuerpo de terraplén

3. SUBESTRUCTURA

- 3.1 Suministro y colocación de balasto

¹ El Aeropuerto Internacional de Cancún es el segundo en tamaño, y el que más tráfico internacional recibe en México. Recibió en 2004 a más de 10 millones de personas en 2005 a 9 millones y en 2006 atrajo a 11 233 564 personas el más traficado del estado y más grande para el grupo Aeroportuario del Sureste.

² Se ubica al este de la Península de Yucatán en la frontera con Centroamérica Colinda con los estados de Yucatán hacia el noroeste y Campeche al oeste; al norte con el Golfo de México

³ Se denomina vía férrea a la parte de la infraestructura de los trenes formada por el conjunto de elementos que conforman el sitio por el cual se desplazan los trenes





4. ESTRUCTURA

- 4.1 Suministro y colocación de durmientes de madera⁴
- 4.2 Suministro y colocación de ancla para riel de 112 Lbs/Yd
- 4.3 Suministro y colocación de riel tipo 112-RE
- 4.4 Suministro y colocación de accesorios y señalamientos

10.2 CATALOGO DE CONCEPTOS⁵

EMPRESA:NAIFER, PROYECTO, CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO, S.A. DE C.V.				
OBRA:"CONSTRUCCIÓN DE LA LÍNEA FERROVIARIA AEROPUERTO - CENTRO URBANO, UBICADO EN CANCÚN QUINTANA ROO."				
Clave	Concepto	Unidad	Cantidad	P.U
1	Trazo y nivelación con equipo topográfico, estableciendo ejes, niveles, y referencias. El precio unitario incluye: Traslados y permisos para los accesos de la brigada de topografía, señalamientos, estacado, marcado de la poligonal, memoria de cálculo.	M ²	344331.6	
2	Despalme de material seco, clase I, por medios mecánicos, todas las zonas, en capas de 20.00 cm. El precio unitario incluye: los trabajos de topografía para delimitar el entorno del área por despallar de acuerdo con las líneas de proyecto.	M ³	19783.65	
3	Excavación a mano, zona "B", clase II, de 0.00 a 2.00 mts. de profundidad. El precio unitario incluye: el suministro de los materiales en la parte proporcional que le corresponda en la fabricación de la obra falsa para el traspalear, pasarelas y señales.	M ³	15386.72	
4	Conformación y compactación al 90% próctor, de la capa subrasante, con motoconformadora y aplanadora de rodillos lisos, colocada en capas de 20.00 cm de espesor. El precio unitario incluye: tendido del material e incorporación del agua.	M ³	29650.52	
5	Balasto de grava triturada con tamaño máximo de 1" (Roca Caliza Triturada). Volumen medido en banco. El precio unitario incluye: la grava, agua, desperdicios; la mano de obra de apoyo requerida en la maquinaria para la homogeneización, el tendido, nivelación.	M ³	9010.88	

⁴ Se utilizan varios tipo de durmientes estos varían dependiendo el material que están elaborados los más comunes son de concreto, acero y madera.

⁵ El catalogo de conceptos, es en sí, una serie de hojas en las cuales desglosas todos los materiales que se tienes, en el caso de un inventario, o bien, especificas el total de materiales que se utilizarían para realizar el trabajo en cuestión





6	Suministro y colocación de durmientes de madera dura, preservada, en dimensiones de 0.20 m de ancho, 0.18 m de espesor y 2.44 m de longitud (2" x 7" x 8'). El precio unitario incluye: Tendido, nivelación, mano de obra, la maquinaria, el equipo y la herramienta.	Pza	344331.60	
7	Suministro y colocación de ancla para riel de 112 Lbs/Yd. El precio unitario incluye: Materiales, tendido, nivelación, la mano de obra, la maquinaria, el equipo y la herramienta necesarios para la correcta ejecución de los trabajos.	Pza	43041.45	
8	Suministro y colocación de riel tipo 112-RE. El precio unitario incluye: Materiales, tendido, nivelación, la mano de obra, la maquinaria, el equipo y la herramienta necesarios para la correcta ejecución de los trabajos.	Ton	231.56	
9	Suministro y colocación de planchuelas nuevas, para conexión con 6 orificios de 36" de longitud; para riel de 112 Lbs/Yd. El precio unitario incluye: Materiales, colocación, la mano de obra, la maquinaria, el equipo y la herramienta necesarios para la correcta ejecución de los trabajos.	Pza		
10	Suministro y colocación de tornillos de 1" x 6", con tuerca y rondana de presión. El precio unitario incluye: materiales, colocación, la mano de obra, la maquinaria, el equipo y la herramienta necesarios para la correcta ejecución de los trabajos.	Pza		
11	Suministro y colocación de topes para final de vía, Bumping-Post, modelo "WA" con cabeza amortiguadora. El precio unitario incluye: Materiales, colocación, mano de obra, la maquinaria, el equipo y la herramienta necesarios para la correcta ejecución.	Jgo	30.00	
12	Suministro y colocación de clavo para sujetar riel y placa de asiento al durmiente de 6" de largo y 5/8" de espesor. El precio unitario incluye: Materiales, colocación, mano de obra, la maquinaria, el equipo y la herramienta necesarios para la correcta ejecución.	Pza		
13	Señal restrictiva ⁶ de 60 x 60 con acabado, letras o símbolos y marco perimetral con scotchlite y poste. El precio unitario incluye: Materiales, colocación, mano de obra el equipo y la herramienta necesaria para la correcta ejecución.	Pza	50.00	

⁶ Las **señales restrictivas** son tableros fijados en postes, con símbolos y/o leyendas que tienen por objeto indicar al usuario y operadores situaciones de peligro





10.3 DESCRIPCIÓN Y CUANTIFICACION DE CONCEPTOS

10.3.1 Trazo y nivelación

Comprende a los trabajos topográficos que deben de realizarse en la superficie donde se desarrollara la obra, utilizando los metros cuadrados como unidad de medida. Para poder determinar la cantidad de este concepto es necesario considerar el tramo de un kilómetro por 40 (cuarenta) metros de ancho de vía. Es decir, que a partir de nuestro eje de proyecto tomamos 20 (veinte) metros por cada lado.

Por lo que la superficie analizada será:

Superficie = 8608.29 m x 40 m

Superficie = 344 331.80 m²

10.3.2 Despalme⁷ de material seco

Para comprender mejor este concepto diremos que el despalme de terreno⁸ es la remoción y desalojo de la capa de terreno vegetal, delimitada en 20 cm como espesor, que por sus características como materia orgánica no es adecuada para el desplante de una obra. Su unidad de medida son los metros cúbicos.

Para determinar el volumen de este concepto se tomará en cuenta el volumen total de la columna AD perteneciente a la hoja de curvamasa⁹ construida mediante los datos de proyecto y el programa Civil Cad¹⁰.

⁷ El despalme del terreno consiste en retirar la capa superficial (tierra vegetal) que por sus características mecánicas no es adecuada para el desplante de la vía.

⁸ <http://www.mitecnologico.com/ic/Main/DespalmeYDesmonte>

⁹ La curva masa busca el equilibrio para la calidad y economía de los movimientos de tierras, además es un método que indica el sentido del movimiento de los volúmenes excavados, la cantidad y localización de cada uno de ellos.

¹⁰ Software visto en el capítulo número 6





10								
VOLUMEN								
Estación	esc	terraplen						
		AD	AC	CT	CY	CS	SB	B
0+000.000	0	24.87	19.49	0.20	0.00	32.88	29.55	17.29
0+020.000	0	49.84	45.71	0.40	0.00	65.77	29.55	17.29
0+040.000	0	50.06	59.21	0.40	0.00	65.77	29.55	17.29
0+060.000	0	50.16	65.41	0.40	0.00	65.77	29.55	17.29
0+080.000	0	50.03	57.13	0.40	0.00	65.77	29.55	17.29
0+100.000	0	49.78	41.72	0.40	0.00	65.77	29.55	17.29
0+120.000	0	47.23	25.44	0.30	0.00	64.35	29.55	17.29
0+140.000	0	42.49	10.02	1.25	0.00	61.59	29.55	17.29
0+160.000	0	40.28	1.71	5.80	0.00	60.37	29.55	17.29
0+180.000	0	40.40	0.13	10.14	0.00	60.51	29.55	17.29
0+200.000	0	40.44	0.03	11.87	0.00	60.55	29.55	17.29
0+220.000	0	40.47	0.00	13.65	0.00	60.58	29.55	17.29
0+240.000	0	40.51	0.00	15.46	0.00	60.61	29.55	17.29
0+260.000	0	40.54	0.00	17.28	0.00	60.64	29.55	17.29
0+280.000	0	40.58	0.00	19.10	0.00	60.67	29.55	17.29
0+300.000	0	40.62	0.00	20.92	0.00	60.70	29.55	17.29
0+320.000	0	40.63	0.00	22.29	0.00	60.71	29.55	17.29
0+340.000	0	40.44	1.02	13.58	0.00	60.52	29.55	17.29
0+360.000	0	42.54	4.87	2.79	0.00	61.70	29.55	17.29
0+380.000	0	44.83	7.56	1.24	0.00	63.07	29.55	17.29
0+400.000	0	44.83	7.29	1.37	0.00	63.07	29.55	17.29
0+420.000	0	44.83	7.02	1.51	0.00	63.07	29.55	17.29
0+440.000	0	42.49	5.58	1.55	0.00	61.64	29.55	17.29
0+460.000	0	40.15	4.16	1.60	0.00	60.21	29.55	17.29
0+480.000	0	40.16	3.96	1.76	0.00	60.22	29.55	17.29
0+500.000	0	40.16	3.77	1.93	0.00	60.23	29.55	17.29
0+520.000	0	40.17	3.58	2.10	0.00	60.24	29.55	17.29
0+540.000	0	40.18	3.40	2.28	0.00	60.25	29.55	17.29
0+560.000	0	40.19	3.23	2.47	0.00	60.26	29.55	17.29
0+580.000	0	42.48	6.30	1.53	0.00	61.63	29.55	17.29
0+600.000	0	47.11	15.68	0.44	0.00	64.38	29.55	17.29
0+620.000	0	49.55	27.58	0.40	0.00	65.77	29.55	17.29
0+640.000	0	49.73	38.96	0.40	0.00	65.77	29.55	17.29
0+660.000	0	49.92	50.38	0.40	0.00	65.77	29.55	17.29
0+680.000	0	50.00	55.59	0.40	0.00	65.77	29.55	17.29

Volumen total perteneciente a la columna AD = 19783.65 m³

10.3.3 Excavación¹¹

El término de excavación se refiere a la eliminación de tierra, grava, arena, y otros materiales con el propósito de construir una nueva estructura. También le es conocida como corte, su unidad de medida es el metro cúbico¹² y para cuantificarla es necesario recurrir a la hoja de curvamasa.

¹¹ la excavación del suelo o roca que yace bajo la superficie y por encima del nivel de dicha cimentación. Por lo tanto las excavaciones tienen como función preparar el terreno para la futura construcción del sistema de cimentación propuesto

¹² metro cúbico (símbolo: m³) es una unidad de volumen equivalente a mil litros. Corresponde al volumen en un cubo que mide un metro de lado. Algunos múltiplos y submúltiplos de esta unidad son el centímetro cúbico.





10								
VOLUMEN								
Estación	esc	esc			terraplen			
		AD	AC	CT	CY	CS	SB	B
0+000.000	0	24.87	19.49	0.20	0.00	32.88	29.55	17.29
0+020.000	0	49.84	45.71	0.40	0.00	65.77	29.55	17.29
0+040.000	0	50.06	59.21	0.40	0.00	65.77	29.55	17.29
0+060.000	0	50.16	65.41	0.40	0.00	65.77	29.55	17.29
0+080.000	0	50.03	57.13	0.40	0.00	65.77	29.55	17.29
0+100.000	0	49.78	41.72	0.40	0.00	65.77	29.55	17.29
0+120.000	0	47.23	25.44	0.30	0.00	64.35	29.55	17.29
0+140.000	0	42.49	10.02	1.25	0.00	61.59	29.55	17.29
0+160.000	0	40.28	1.71	5.80	0.00	60.37	29.55	17.29
0+180.000	0	40.40	0.13	10.14	0.00	60.51	29.55	17.29
0+200.000	0	40.44	0.03	11.87	0.00	60.55	29.55	17.29
0+220.000	0	40.47	0.00	13.65	0.00	60.58	29.55	17.29
0+240.000	0	40.51	0.00	15.46	0.00	60.61	29.55	17.29
0+260.000	0	40.54	0.00	17.28	0.00	60.64	29.55	17.29
0+280.000	0	40.58	0.00	19.10	0.00	60.67	29.55	17.29
0+300.000	0	40.62	0.00	20.92	0.00	60.70	29.55	17.29
0+320.000	0	40.63	0.00	22.29	0.00	60.71	29.55	17.29
0+340.000	0	40.44	1.02	13.58	0.00	60.52	29.55	17.29
0+360.000	0	42.54	4.87	2.79	0.00	61.70	29.55	17.29
0+380.000	0	44.83	7.56	1.24	0.00	63.07	29.55	17.29
0+400.000	0	44.83	7.29	1.37	0.00	63.07	29.55	17.29
0+420.000	0	44.83	7.02	1.51	0.00	63.07	29.55	17.29
0+440.000	0	42.49	5.58	1.55	0.00	61.64	29.55	17.29
0+460.000	0	40.15	4.16	1.60	0.00	60.21	29.55	17.29
0+480.000	0	40.16	3.96	1.76	0.00	60.22	29.55	17.29
0+500.000	0	40.16	3.77	1.93	0.00	60.23	29.55	17.29
0+520.000	0	40.17	3.58	2.10	0.00	60.24	29.55	17.29
0+540.000	0	40.18	3.40	2.28	0.00	60.25	29.55	17.29
0+560.000	0	40.19	3.23	2.47	0.00	60.26	29.55	17.29
0+580.000	0	42.48	6.30	1.53	0.00	61.63	29.55	17.29
0+600.000	0	47.11	15.68	0.44	0.00	64.38	29.55	17.29
0+620.000	0	49.55	27.58	0.40	0.00	65.77	29.55	17.29
0+640.000	0	49.73	38.96	0.40	0.00	65.77	29.55	17.29
0+660.000	0	49.92	50.38	0.40	0.00	65.77	29.55	17.29
0+680.000	0	50.00	55.59	0.40	0.00	65.77	29.55	17.29

Volumen total de corte = 15386.72 m³.

10.3.4 Carga manual y acarreo en camión.

Es el material excavado o cortado, puesto directamente en un camión de volteo y el movimiento efectuado del sitio de acumulación al sitio de acopio. Su unidad de medida es el metro cúbico (m³). Su cuantificación se depende igualmente de los metros cúbicos obtenidos en la excavación.

10.3.5 Conformación y compactación al 90% Proctor¹³, de la capa sub-rasante¹⁴

Es el mejoramiento del terreno, por medio de una capa compuesta y el procedimiento de consolidarlo al 90%, mediante la expulsión del aire existente entre sus partículas, haciendo que

¹³ La prueba Proctor determina el peso volumétrico seco máximo $\gamma_{m\acute{a}x}$, que puede alcanzar un material, así como la humedad óptima w_o que deberá hacerse la compactación

¹⁴ La subrasante es una sucesión de líneas rectas que son las pendientes unidas mediante curvas verticales, intentando compensar los cortes con los terraplenes



las mismas estén lo más próximas posibles. La compactación consiste en aumentar mecánicamente la densidad de un material.

Para conocer los volúmenes de conformación y compactación de esta capa que forma parte del terraplén; es necesario recurrir a la tabla de curvamasa mencionada en el inciso 10.3.3 propiamente de la sumatoria de que lleva por encabezado CT.

10.3.6 Subalasto

Su unidad de medición es el m^3 y entre la terracerías conformadas con maquinas y compactadas por capaz y la superestructura, se pone la capa intermedia llamada subalasto la cual está compuesta por grava cementada y agua necesaria para su compactación la función de dicha capa es:

- 1.- Impedir la penetración del balasto en las propias terracerías.
- 2.- Disminuir la cantidad de balasto utilizando un material más económico ya que este es de menor calidad.
- 3.- Disminuir el ascenso de aguas precipitadas por medio de la capilaridad¹⁵ desde las terracerías hasta la superestructura.
- 4.- Obstruir el ascenso de material fino del suelo hacia el balasto.
- 5.- Proporcionar una mayor resistencia para la distribución de los esfuerzos estáticos y dinámicos.
- 6.- Evitar que el agua de lluvia se filtre en la terracerías.

En la conformación del subalasto sobre la subrasante se emplea maquinaria como la motocomformadora (ver. Fig. 10.1)¹⁶ la cual nos ayudar a alcanzar una compactación del 95%, este mediante la colocación de capaz de 20 cm. Hasta lograr el espesor necesario. Para dar terminación a la conformación de esta capa se verificaran tanto el alineamiento vertical como el horizontal, la sección transversal, para estar en concordancia con el proyecto lo cual es de suma importancia.

Fig. 10.1. Máquina con bastidor metálico montado sobre llantas neumáticas con pala raedera utilizado para empuje de tierras y relleno de depresiones con objeto de nivelar terreno.



10.3.7 Balasto

Una vez conformadas las terracerías se procede a la colocación de la capa de balasto la cual forma parte de la superestructura ya que este sirve para la nivelación de los rieles y durmientes, además de que por ser un material áspero e irregular, impide los desplazamientos longitudinales y

¹⁵ La capilaridad es la cualidad que posee una sustancia para absorber un líquido.

¹⁶ Imagen obtenida de la pág.: <http://www.unitractorchile.cl/wp-content/komatsu.jpg>



transversales de nuestra vía, ocasionados por los esfuerzos estáticos y dinámicos que proporciona el ferrocarril, lo cual es de vital importancia para mantener en buen estado nuestra vía. Cabe mencionar que los materiales que conforman esta capa regularmente son de origen natural como de piedras graníticas, lavas volcánicas. (ver. Fig 10.2)¹⁷, aunque en algunos casos se utilizan desperdicios de fundición de siderúrgicas como de zinc y plomo.



Fig. 10.2 Balasto constituido por rocas volcánicas su objetivo es, además, proporcionar una base drenante lo suficientemente estable como para mantener la alineación de la vía con un mínimo de mantenimiento

Las dimensiones del material oscilan entre los 2 y 5 cm ya que así proveen de un desalojo de aguas de lluvia, lo cual retarda el tiempo de crecimiento de materia orgánica debemos considerar que los materiales que formaran parte de esta capa estarán libres de polvo, arcillas, limos, tierras vegetales etc. Esto con la intención de evitar al máximo la corrosión de nuestra vía y de esta manera alargar su tiempo de vida. Para la colocación de nuestro balasto debemos considerar distribuirlo a lo largo de la vía mediante góndolas o tolvas¹⁸ (ver Fig.10.3). El espesor del balasto estará en función de la longitud de los durmientes, de los taludes en corte y en terraplén.



Fig.10.3: Tolvas con compuertas en el inferior y en los costados permitiendo así esparcir material en los extremos y en el centro de la vía en forma simultánea

10.3.8 Durmientes

Se utilizan varios tipo de durmientes estos varían dependiendo el material que están elaborados los más comunes son de concreto, acero y madera¹⁹ (ver. Fig. 10.4). Para nuestro proyecto

¹⁷ Esta fotografía se obtuvo de la pág.: <http://es.wikipedia.org/wiki/Imagen:Rails.and.ballast.bb.jpg>

¹⁸ Imagen obtenida de la siguiente pág.: <http://www.argensim.com.ar/wp-content/uploads/2008/01/tolvas.jpg>

¹⁹ Esta fotografía se obtuvo de la pág.: <http://img100.imageshack.us/img100/1113/pict0167iw9.jpg>





utilizaremos el de madera dura, preservada, en dimensiones de 0.20 m de ancho, 0.18 m de espesor y 2.44 m de longitud (2" x 7" x 8'). Los durmientes deben de estar libres de defectos que puedan reducir su resistencia o durabilidad, tales como rajaduras, hongos, pudrición, torceduras y agujeros ocasionados por desprendimiento de nudos.

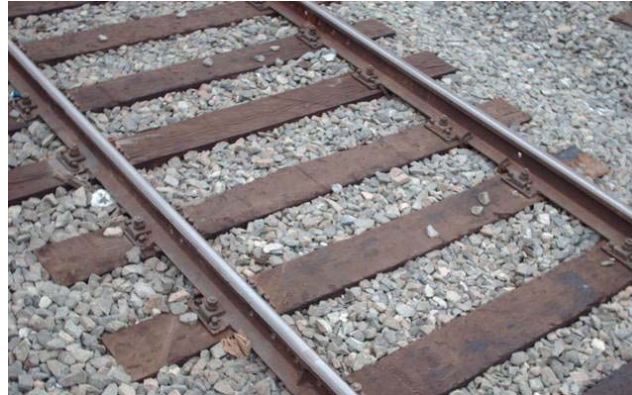


Fig. 10.4 Durmiente de madera NORMA Oficial Mexicana NOM-056-SCT2-2000

10.3.9 Riel

Los rieles de acero²⁰ (ver. Fig. 10.5) son el resultado de la fusión de diferentes minerales²¹ como son el hierro, manganeso, silicio y carbono, puede contener fósforo, azufre, escorias, etc. Entre mayor sea el contenido de carbono mayor será su dureza, pero tendrá mayor fragilidad a la ruptura. Todo riel debe de ser identificado plenamente por el fabricante quien proporciona fecha de laminación del lingote; tipo de sección; calidad; clasificación. Para nuestro proyecto se utilizara el riel tipo 112-RE.

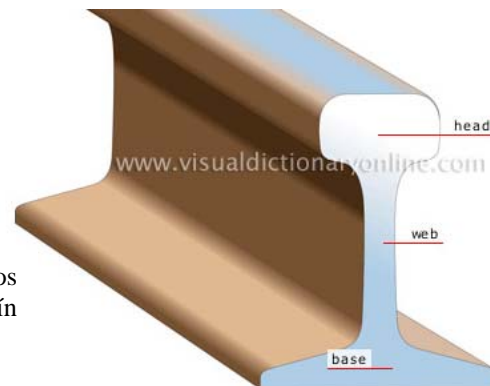


Fig. 10.5: Los rieles están conformados principalmente por tres partes hongo, alma y patín

²⁰ Imagen obtenida de: <http://visual.merriam-webster.com/images/transport-machinery/rail-transport/railroad-track/rail-section.jpg>

²¹ Un mineral es una sustancia natural, homogénea, de origen inorgánico, de composición química definida



10.3.10 Anclas

El anclaje de los rieles se hace necesario en los distintos ferrocarriles con circulación en un solo sentido y en aquellas zonas en el que el tráfico²² se mayor en un sentido que en otro, tratándose de una sola vía que es el caso de México.

Con el uso de las anclas en las vías se contrarresta el desplazamiento longitudinal de los rieles, manteniendo fijo el riel al durmiente, sobre todo en pendientes fuertes, cuando el tráfico es igual en ambos sentidos se utilizan 16 anclas por cada tramo de riel.

Su colocación es después de que ha sido clavada y/o atornillada nuestra vía, uniendo al patín del riel con el durmiente de tal manera que le transmítalas presiones uniformemente, son de acero, de sección redonda actuando al quedar ajustado al patín a manera de reten, amarrándose a un costado del durmiente el cual está anclado en el balasto debidamente compactado²³.

10.3.11 Planchuela

Son las uniones de los rieles a cada 12 mts de longitud, colocando de 2 a 4 tornillos²⁴(ver. Fig. 10.6), con tuercas a cada tramo de riel, para riel RE con peso de 112.3 lb/yd se coloca placa de unión cuyo peso es de 57.72 lb/yb, los tornillos usados son de 1" de diámetro largo de 6" y cabeza de 1 11/16" de diámetro.

Las tuercas y rondanas de presión pueden ser cuadradas o hexagonales para el riel que utilizaremos se utilizara de 1 1/2" por lado y 11/8" de grueso. Las rondanas de presión son abiertas quedando sus extremos a desnivel.



Fig. 10.6: Las planchuelas se unen al apretar la tuerca, ejerciendo la rondana una presión evitando que la tuerca se afloje fácilmente.

²² Tráfico de trenes se refiere al movimiento de los trenes en su red y lo que se refiere flujo de pasajeros viajeros es la cantidad de personas que están moviendo los trenes si este es el caso

²³ Compactación no es más que el apisonamiento del concreto y puede ser elaborado manual o mecánicamente.

²⁴ Esta imagen se obtuvo de <http://www.epolyglas.com/varios.jpg>



10.4 INTRODUCCION AL PROGRAMA DE PRECIOS UNITARIOS.

OPUS OLE es un sistema orientado a los departamentos de costos, programación y control de Obras y Proyectos, de las Empresas Constructoras y Estudios de Arquitectura e Ingeniería. Combina elementos para el manejo de bases de datos, ordenamiento, procesamiento de informes y análisis estadístico gráfico referente a obras y proyectos.²⁵

Para iniciar el presupuesto se debe seguir los siguientes pasos.

- 1.- Creación del archivo, conocido como obra, dentro de la paquetería. (ver. Fig. 10.7).

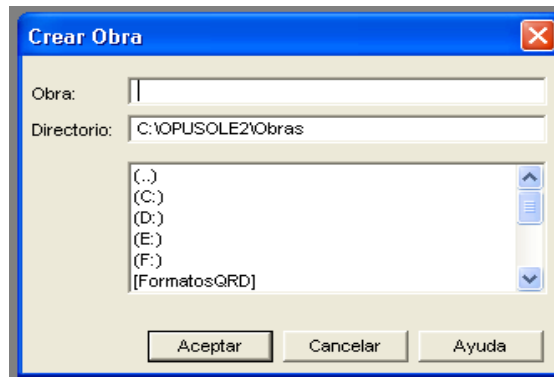


Fig. 10.7 Se muestra como asignar una obra nueva, proporcionando el nombre de la misma.²⁶

- 2.- Enseguida aparece una hoja de celdas parecida a la paquetería de office donde se crearan cada una de las partidas que integrarán el presupuesto. (ver. Fig. 10.8).

Fig. 10.8. Se muestra la hoja de presupuesto en blanco.

²⁵ http://ecosurbahia.com/opus_ole/

²⁶ El nombre de la obra puede ser cualquier nombre con tantos caracteres sean necesarios.



3.- Dar un click en la primer celda para posteriormente con el botón derecho del mouse agregar una partida²⁷, esto puede ser también creado, por medio de la barra de herramientas (ver. Fig. 10.9).

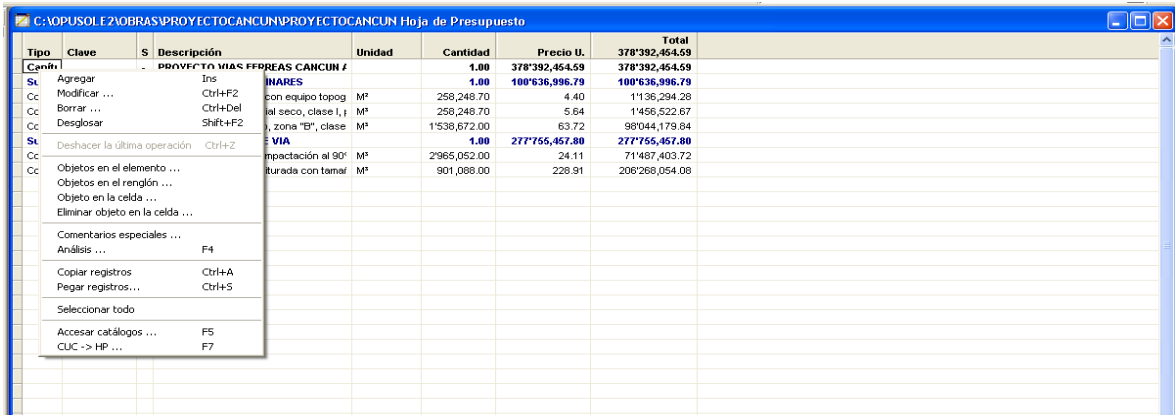


Fig. 10.9. Se muestran las instrucciones que podemos emplear dando click en botón derecho del mouse.

4. Al comenzar a agregar los conceptos y cada uno de sus insumos²⁸, la paquetería nos ofrece la opción de insertar todos los insumos para que posteriormente al colocar la clave automáticamente aparezca dentro de nuestra hoja la descripción completa del mismo.

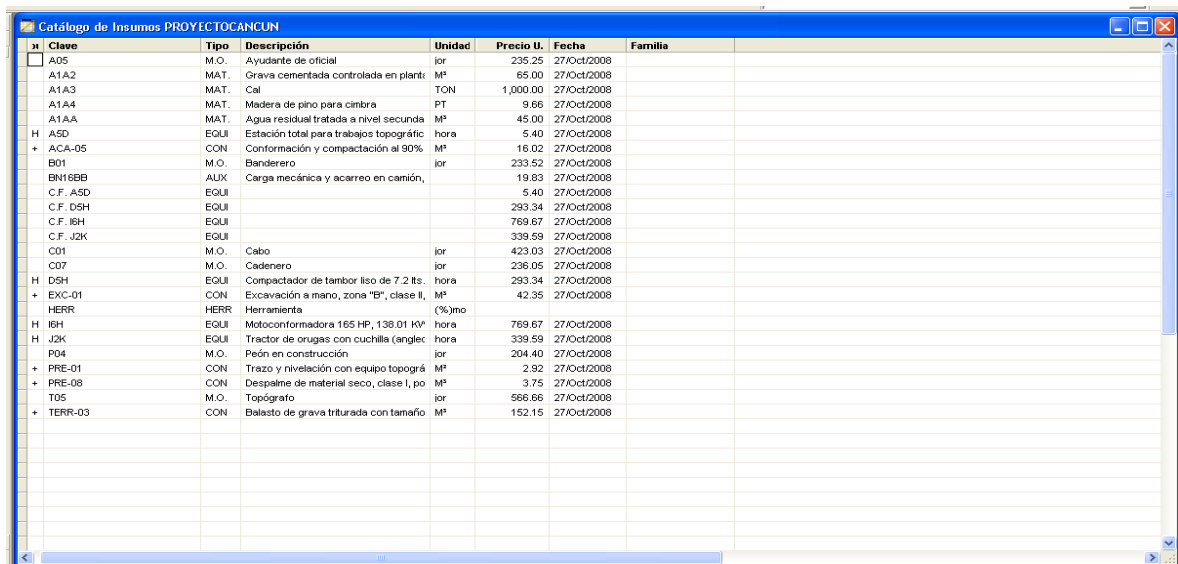


Fig. 10.10. Se muestra el catalogo de conceptos completo, que utilizamos para este caso.

²⁷ La partida es parte de un concepto dentro del catalogo de obra.

²⁸ Son los bienes y servicios que incorporan al proceso productivo las unidades económicas y que, con el trabajo de los obreros y empleados y el apoyo de las máquinas, son transformados en otros bienes o servicios con un valor agregado mayor.



5.- De lo contrario desglosamos cada uno de los conceptos y agregamos los materiales necesarios para la realización correcta del trabajo. Agregando su descripción completa, la unidad de medida, la cantidad y su costo.

Tipo	Clave	S	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio U.	Total
Subce	T001	-	TRABAJOS PRELIMINARES		1.00	100'636,996.79	100'636,996.79
Conce	PRE-01		Trazo y nivelación con equipo topográfico, esta	M²	258,248.70	4.40	1'136,294.28

C	Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio U.	Total
	A1A4	Madera de pino para cimbra	PT	0.00500	9.66	0.05
	A1A3	Cal	TON	0.00010	1,000.00	0.10

Fig. 10.11 Insertamos los materiales que son necesarios para la realización del trazo y la nivelación del terreno.

6.- Continuamos insertando el personal para la ejecución del trabajo con las características mencionadas en el punto anterior.

Tipo	Clave	S	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio U.	Total
Subce	T001	-	TRABAJOS PRELIMINARES		1.00	100'636,996.79	100'636,996.79
Conce	PRE-01		Trazo y nivelación con equipo topográfico, esta	M²	258,248.70	4.40	1'136,294.28

C	Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Salario	Total
	T05	Topógrafo	jor	0.00200	586.66	1.13
	C07	Cadenero	jor	0.00600	236.05	1.42

Fig. 10.12 Queda integrada la cuadrilla²⁹ para la ejecución del mismo concepto.

7.- Procedente la inserción de la herramienta, que para su unidad de medida es en porcentaje por lo que usualmente se evalúa con el tres por ciento del total de la mano de obra.

Tipo	Clave	S	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio U.	Total
Subce	T001	-	TRABAJOS PRELIMINARES		1.00	100'636,996.79	100'636,996.79
Conce	PRE-01		Trazo y nivelación con equipo topográfico, esta	M²	258,248.70	4.40	1'136,294.28

C	Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio U.	Total
	HERR	Herramienta	(%)mo	0.03000	2.55	0.08

Fig. 10.13 Aparece el porcentaje de la herramienta necesaria para la cuadrilla de mano de obra.

²⁹ La cuadrilla es el personal que se va a emplear para ejecutar el trabajo requerido.



8.- Se continúa con la integración del equipo necesario.

Composición de concepto PRE-01							
Tipo	Clave	S	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio U.	Total
Subce	T001	-	TRABAJOS PRELIMINARES		1.00	100'636,996.79	100'636,996.79
Conce	PRE-01		Trazo y nivelación con equipo topográfico, esta	M ²	258,248.70	4.40	1'136,294.28

C	Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio U.	Total 0.14
H	A5D	Estación total para trabajos topogr	hora	0.02500	5.40	0.14

Fig. 10.14 Para la realización del trazo y la nivelación del terreno es necesario auxiliarnos de una estación total³⁰.

9.- Podemos complementar dando click con el mouse en todos para observar la conformación de cada uno de nuestros precios.

Composición de concepto PRE-01							
Tipo	Clave	S	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio U.	Total
Subce	T001	-	TRABAJOS PRELIMINARES		1.00	100'636,996.79	100'636,996.79
Conce	PRE-01		Trazo y nivelación con equipo topográfico, esta	M ²	258,248.70	4.40	1'136,294.28

C	Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio U.	Total 2.92
	A1A4	Madera de pino para cimbra	PT	0.00500	9.86	0.05
	A1A3	Cal	TON	0.00010	1,000.00	0.10
	T05	Topógrafo	ior	0.00200	566.66	1.13
	C07	Cadenero	ior	0.00600	236.05	1.42
	HERR	Herramienta	(%)mo	0.03000	2.55	0.08
H	A5D	Estación total para trabajos topogr	hora	0.02500	5.40	0.14

Fig. 10.15 Se muestra cada una de las partes que integral el precio unitario.

10.- Para verificar los datos de cada precio unitario³¹, es necesario acceder al resumen del precio, dentro de la composición de este, aparece un botón que permite conocer los porcentajes de mano de obra, herramienta, equipo, que representan en el presupuesto.

Tipo	Clave	S	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio U.	Total
Subce	T001	-	TRABAJOS PRELIMINARES		1.00	100'636,996.79	100'636,996.79
Conce	PRE-01		Trazo y nivelación con equipo topográfico, esta	M ²	258,248.70	4.40	1'136,294.28

Porcentajes y Resumen de Precio Unitario	
Materiales	0.15
Mano de Obra	2.55
Herramienta	0.08
Equipo	0.14
Auxiliares	0.00
Conceptos	0.00
Suma de Insumos: 2.92	
Subcontratos	0.00
Accesos	0.00
Destaje	0.00
Costo Directo: 2.92	
Utilidad	1.46

³⁰ Se denomina estación total a un instrumento electro-óptico utilizado en topografía, cuyo funcionamiento se apoya en la tecnología electrónica. Consiste en la incorporación de un distanciómetro y un microprocesador a un teodolito electrónico

³¹ Es el valor en pesos por unidad de medida que se obtiene sumando costos directos + costos indirecto + utilidad = precio unitario.



Fig. 10.16: El botón de precios unitarios³² permite conocer la composición de los mismos y el porcentaje que representa en el presupuesto.

10. Continuamos el análisis de cada precio con la ayuda de los pasos anteriormente descritos. Para cualquier proyecto es necesario que se ejecuten en primer plano los trabajos preliminares³³.

Tipo	Clase	S	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio U.	Total
Conce	PRE-01		Trazo y nivelación con equipo topográfico, esta	M*	258,248.70	4.40	1136,264.20
Conce	PRE-08		Despalme de material seco, clase I, por medios	M*	258,248.70	5.64	1456,522.67

Materiales	Mano de Obra	Herramienta	Equipo	Auxiliares	Conceptos	Todos	Resumen PU	Vincular Documento
0.00	0.00	0.00	3.95	0.06	0.00	3.75	5.04	

C	Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio U.	Total
<input type="checkbox"/>	A1A4	Madera de pino para cimbra	PT	0.01810	3.66	0.10
	T05	Topógrafo	jor	0.00024	565.66	0.14
	C07	Cadeneta	jor	0.00024	235.05	0.06
	B01	Banderos	jor	0.00048	233.52	0.11
	P04	Peón en construcción	jor	0.00119	204.40	0.24
	C01	Cabo	jor	0.00012	423.03	0.05
	HERR	Herramienta	(%)mo	0.03000	0.60	0.02
H	A50	Estación total para trabajos topogr	hora	0.01950	5.40	0.11
H	A0X	Tractor de orugas con cuchilla (ang	hora	0.00636	339.58	2.84

Fig. 10.17: El concepto de despalme está integrado por una cuadrilla de cinco personas y dos maquinarias para su correcta ejecución.

11. – Para seguir con la construcción de la vía férrea es necesario que se lleven a cabo los trabajos de excavación.

Tipo	Clave	S	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio U.	Total
Conce	PRE-08		Despalme de material seco, clase I, por medios	M*	258,248.70	5.64	1456,522.67
Conce	EXC-01		Excavación a mano, zona "B", clase II, de 0.00 €	M*	1'538,672.00	63.72	98'044,179.84

Materiales	Mano de Obra	Herramienta	Equipo	Auxiliares	Conceptos	Todos	Resumen PU	Vincular Documento
0.00	41.12	1.23	0.00	0.00	0.00	42.35	63.72	

C	Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio U.	Total
<input type="checkbox"/>	P04	Peón en construcción	jor	0.16667	204.40	34.07
	C01	Cabo	jor	0.01667	423.03	7.05
	HERR	Herramienta	(%)mo	0.03000	41.12	1.23

Fig. 10.18: En la excavación es necesaria, solo la mano de obra proporcionada por un peón, ya que la ejecución de dicho concepto es de forma manual.

³² Opus ole es un sistema orientado a los departamentos de costos, programación y control de Obras y Proyectos, de las Empresas Constructoras y Estudios de Arquitectura e Ingeniería

³³ Antes de iniciarse la construcción, se limpiará todo el terreno de los escombros, residuos y malezas.



12.- Creamos un subcapítulo dentro del presupuesto, donde especificamos la construcción de la vía férrea como tal, dentro de este, agregamos el concepto de conformación y compactación³⁴.

Tipo	Clave	S	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio U.	Total
							378'392,454.59
Subcá	CO01	-	CONFORMACION DE VIA		1.00	277'755,457.80	277'755,457.80
Conce	ACA-05		Conformación y compactación al 90% próctor, c	M³	2'965,052.00	24.11	71'487,403.72

Materiales	Mano de Obra	Herramienta	Equipo	Auxiliares	Conceptos	Todos	Resumen PU	Vncular Documento
8.10	2.22	0.07	5.63	0.00	0.00	16.02	24.11	

C	Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio U.	Total
<input type="checkbox"/>	A1AA	Agua residual tratada a nivel secur	M³	0.18000	45.00	8.10
	A05	Ayudante de oficial	ior	0.00800	235.25	1.88
	C01	Cabo	ior	0.00080	423.03	0.34
	HERR	Herramienta	(%)mo	0.03000	2.22	0.07
H	D5H	Compactador de tambor liso de 7.2	hora	0.00530	293.34	1.55
H	I6H	Motoconformadora 165 HP, 138.01	hora	0.00530	769.67	4.08

Fig. 10.19. Aparecen cada uno de los importes que integran el concepto

13.- Concluimos con el análisis del balasto, parte fundamental de nuestro proyecto férreo.

Tipo	Clave	S	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio U.	Total
							378'392,454.59
Conce	ACA-05		Conformación y compactación al 90% próctor, c	M³	2'965,052.00	24.11	71'487,403.72
Conce	TERR-03		Balasto de grava triturada con tamaño máximo c	M³	901,088.00	228.91	206'268,054.08

Materiales	Mano de Obra	Herramienta	Equipo	Auxiliares	Conceptos	Todos	Resumen PU	Vncular Documento
93.50	1.03	0.03	37.76	19.83	0.00	152.15	228.91	

C	Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio U.	Total
<input type="checkbox"/>	A1A2	Grava cementada controlada en pli	M³	1.30000	65.00	84.50
	A1AA	Agua residual tratada a nivel secur	M³	0.20000	45.00	9.00
	A05	Ayudante de oficial	ior	0.00370	235.25	0.87
	C01	Cabo	ior	0.00037	423.03	0.16
	HERR	Herramienta	(%)mo	0.03000	1.03	0.03
H	I6H	Motoconformadora 165 HP, 138.01	hora	0.03000	769.67	23.09
H	D5H	Compactador de tambor liso de 7.2	hora	0.05000	293.34	14.67
	BN16BB	Carga mecánica y acarreo en cami		1.00000	19.83	19.83

Fig. 10.20: Se muestra la integración completa de los conceptos necesarios para la realización del balasto.

³⁴ Cuando el material tenga la humedad apropiada, se compactará con el equipo aprobado hasta lograr la densidad especificada. En áreas inaccesibles a los rodillos, se usarán apisonadores mecánicos hasta lograr la densidad requerida con el equipo que normalmente se utiliza.





C:\OPUSOLE2\OBRAS\PROYECTO\CANCUN\PROYECTO\CANCUN Hoja de Presupuesto							
Tipo	Clave	S	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio U.	Total
Capít		-	PROYECTO VIAS FERREAS CANCUN AEROPUER		1.00	378'392,454.59	378'392,454.59
Subcá	T001	-	TRABAJOS PRELIMINARES		1.00	100'636,996.79	100'636,996.79
Conce	PRE-01		Trazo y nivelación con equipo topográfico, esta	M²	258,248.70	4.40	1'136,294.28
Conce	PRE-08		Despalme de material seco, clase I, por medios	M²	258,248.70	5.64	1'456,522.67
Conce	EXC-01		Excavación a mano, zona "B", clase II, de 0.00	M²	1'538,672.00	63.72	98'044,179.84
Subcá	CO01	-	CONFORMACION DE VIA		1.00	277'755,467.80	277'755,467.80
Conce	ACA-05		Conformación y compactación al 90% próctor, c	M²	2'965,052.00	24.11	71'487,403.72
Conce	TERR-03		Balasto de grava triturada con tamaño máximo	M²	901,088.00	228.91	206'268,054.08

Para el correcto análisis del presupuesto es necesario el estudio del factor de indirectos que resulta del cálculo de gastos creados por los trabajos de oficina, por depreciación, mantenimiento, gastos generados en el momento de la realización de algún trabajo.

Descripción	Importe / Período Oficina Central	% participa	Importe período para of. central	Total para oficina central	Importe / Período Oficina Obra	Importe Total Oficina Obra
Cálculo de Indirectos				21'477,650.25		61'250,453.28
HONORARIOS, SUELDOS Y PREST:				454,655.74		1'672,077.24
Personal Directivo				0.00		0.00
Personal Técnico				0.00		0.00
Personal Administrativo				0.00		0.00
Personal de Tránsito	2.00	22.68	0.46	38.59	357.00	30,373.56
Cuota Patronal del IMSS (del 1 al 4,	11,134.00	22.68	2,560.82	214,843.27	1,780.00	151,442.40
Prestaciones que obliga la ley	6,546.00	22.68	1,505.58	126,312.56	4,032.00	343,042.56
Pasajes y Viáticos	3,500.00	22.68	805.00	67,536.50	8,014.00	681,831.12
Consultores y Asesores	2,380.00	22.68	547.40	45,924.82	5,470.00	465,387.60
DEPRECIACION, MAINTENIMIENTO				9'883,060.44		20'587,318.08
Edificios y Locales	5,467.00	22.68	1,257.41	105,492.02	74,358.00	6'326,378.64
Locales de Mantenimiento y Guard	8,765.00	22.68	2,015.95	169,130.70	0.00	0.00
Instalaciones Generales	430,000.00	22.68	98,900.00	8'297,341.92	28,000.00	2'382,240.00
Bodegas	56,789.00	22.68	13,061.47	1'095,808.72	65,408.00	5'564,912.64
Muebles y Enseres	4,356.00	22.68	1,001.88	84,054.00	0.00	0.00
Depreciación o Renta y Operación	2,345.00	22.68	539.35	45,249.46	74,210.00	6'313,786.80
Campamentos	4,456.00	22.68	1,024.88	85,983.62	0.00	0.00
SERVICIOS				0.00		912,738.24

Fig. 10.21: Insertamos los importes que se generaran por la construcción del proyecto, dentro de cada una de las descripciones.





Clave	Descripción	Fórmula	Valor	Imp Rer
Datos básicos				
A	Costo Directo	C->OBRCOS	251'485,950.27	X
B	Mano de obra sin prestaciones	C->OBRMOGRA	57'053,673.97	X
C	% de indirectos oficina central	C->OBRPIND	8.54	
C1	% de indirectos oficina de campo	C->OBRPIND2	24.36	
D	% de financiamiento	C->OBRPFIN	0.00	
E	% de SAR	C->PSAR	2.00	
F	% de INFONAVIT	C->PINF	5.00	
G	% de SECODAM		0.50	
H	% de utilidad neta propuesta		7.00	X
Cálculos				
I	Indirectos	$A*(C+C1)/100$	82'738,877.64	X
J	Financiamiento	$(A+I)*D/100$	0.00	X
K	Costo directo + indirectos + financiamiento	$A+I+J$	334'224,827.91	X
L	Utilidad neta	$k*h/100$	23'395,737.95	X
Otras aportaciones				
M	Aportación por concepto de SAR	$B*E/100$	1'141,073.48	X
N	Aportación por concepto de INFONAVIT	$B*F/100$	2'852,683.70	X
O	SUBTOTAL	$K+L+M+N$	361'614,323.04	X

Fig. 10.22: De la misma manera es necesario calcular el porcentaje de los cargos adicionales, que se generarán en el momento de ejecutar cada uno de los conceptos de trabajo, por su unidad de medida.³⁵

³⁵ Una unidad de medida es una cantidad estandarizada de una determinada magnitud física. En general, una unidad de medida toma su valor a partir de un patrón





Terminamos con la impresión de los análisis de precios unitarios³⁶, para ello es necesario configurar el documento como en cualquier otra paquetería, según los requerimientos necesarios.

Análisis de Precio Unitario						
Descripción						
Clave: PRE-01						
Trazo y nivelación con equipo topográfico, estableciendo ejes, niveles, y referencias. El precio unitario incluye: Traslados y permisos para los accesos de la brigada de topografía, señalamientos, estacado, marcado de la poligonal, memoria de cálculo elaboración de plano topográfico correspondiente, el equipo y la herramienta necesaria para la correcta ejecución de los trabajos. Norma de construcción G.D.F. 3.01.01.004.						
					Unidad : M ²	
					Cantidad : 258,248.70	
					Precio U. : 4.40	
					Total : 1'136,294.28	
C	Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio U.	Total
Materiales						
	A1A4	Madera de pino para cimbra	PT	0.00500	9.66	0.05
	A1A3	Cal	TON	0.00010	1,000.00	0.10
Total de Materiales						0.15
Mano de Obra						
	T05	Topógrafo	jor	1.00000	566.66	1.13
		Rendimiento : 500.00000				1.13
	C07	Cadenero	jor	1.00000	235.05	1.42
		Rendimiento : 166.66667				1.42
Total de Mano de Obra						2.55
Herramienta						
	HERR	Herramienta	(%)mo	0.03000	2.55	0.08
Total de Herramienta						0.08
Equipo						
	H ASD	Estación total para trabajos topográficos (sin operador). Marca: Nikon, Modelo DTM32	hora	1.00000	5.40	0.14
		Rendimiento : 40.00000				0.14
Total de Equipo						0.14
					Costo Directo	2.92
					Indirectos (38.21%)	1.12
					Subtotal	4.04
					Financiamiento (0.00%)	0.00
					Subtotal	4.04
					Utilidad (8.83%)	0.36
					Cargos Adicionales (0.00%)	0.00
					Precio Unitario	4.40

** CUATRO PESOS 40/100 M.N. **

Fig. 10.23: La figura muestra la integración completa del análisis de precios unitarios.

Análisis de Precio Unitario						
Descripción						
Clave: ACA-05						
Conformación y compactación al 90% próctor, de la capa subrasante, con motoconformadora y aplastadora de rodillos lisos, colocada en capas de 20.00 cm de espesor. El precio unitario incluye: tendido del material e incorporación del agua. Norma de construcción G.D.F. 3.01.01.013.						
					Unidad : M ³	
					Cantidad : 2'965,052.00	
					Precio U. : 24.11	
					Total : 71'487,403.72	
C	Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio U.	Total
Materiales						
	A1AA	Agua residual tratada a nivel secundario (incluye transporte)	M ³	0.18000	45.00	8.10
Total de Materiales						8.10
Mano de Obra						
	A05	Ayudante de oficial	jor	235.25		1.88
		Rendimiento : 125.00000				1.88
	C01	Cabo	jor	423.03		0.34
		Rendimiento : 1,250.00000				0.34
Total de Mano de Obra						2.22
Herramienta						
	HERR	Herramienta	(%)mo	0.03000	2.22	0.07
Total de Herramienta						0.07
Equipo						
	H DSH	Compactador de tambor liso de 7.2 lbs. 107 HP, 79.82 kW. Marca: Caterpillar Modelo: S433CBR	hora	293.34		1.55
		Rendimiento : 188.67925				1.55
	H ISH	Motoconformadora 165 HP, 138.01 kW.	hora	769.67		4.08
		Rendimiento : 188.67925				4.08
Total de Equipo						5.63
					Costo Directo	16.02
					Indirectos (38.36%)	6.15
					Subtotal	22.17
					Financiamiento (0.00%)	0.00
					Subtotal	22.17
					Utilidad (9.74%)	1.94

Fig. 10.24: La vista preliminar es una opción para poder verificar el trabajo realizado dentro del programa.

³⁶ Es el valor en pesos por unidad de medida que se obtiene sumando costos directos + costos indirecto + utilidad = precio unitario.





11.-PROYECTO DE FERROCARRIL APLICANDO SOTFWARE ESPECIALIZADO EN CADA ETAPA





CONCLUSIONES

UNIDAD 1

INTRODUCCIÓN

En lo que respecta al tema de introducción se consideraron todos los aspectos que se involucran en la definición de un ferrocarril así mismo al sistema de las vías ferroviarias como son:

SECCIONES EN CORTE

TANGENTE



SECCIONES EN TERRAPLEN

TANGENTE



1. VIA
2. BALASTO
3. SUB-BALASTO
4. TERRAPLEN
5. TERRENO NATURAL
6. CUNETETA

Las terracerías y superestructuras constituyen lo que es la vía¹.

- **Terracerías:** Conjunto de obras formadas por cortes y terraplenes para llegar al nivel de subrasante, y a la superestructura.
- **Superestructura:** parte que va arriba de la terracería y la forman dos hileras de rieles sujetos a piezas transversales llamadas durmientes, que a su vez descansan sobre un lecho de material pétreo denominado balasto, a lo que hay que agregar los accesorios de la vía tales como placas, planchuelas, tornillos, *etc.*

En cuanto a los antecedentes podríamos concluir y observando el capítulo de la unidad, que fue y sigue siendo un largo y arduo proceso de actualización en el área podemos observar como desde 1550 se inicio en las minas de Alemania se usan rieles de madera para el transporte de vagones mediante caballos hasta la fecha actual 2008 se inauguró el tramo de Alta Velocidad entre Camp de Tarragona y Madrid de la línea de Alta Velocidad Madrid-Barcelona-Frontera Francesa

¹ <http://img247.imageshack.us/img247/2484/image4rx0.jpg>





Antecedentes históricos desde el tren más antiguo² hasta los más modernos³

Con todas las actualizaciones podríamos decir que el ferrocarril sigue constituyendo un gran factor en el desarrollo del mundo actual y lo seguirá siendo mucho tiempo más gracias a todas las nuevas tecnologías que van dando pauta en su desarrollo

NORMAS DE SEÑALMIENTOS

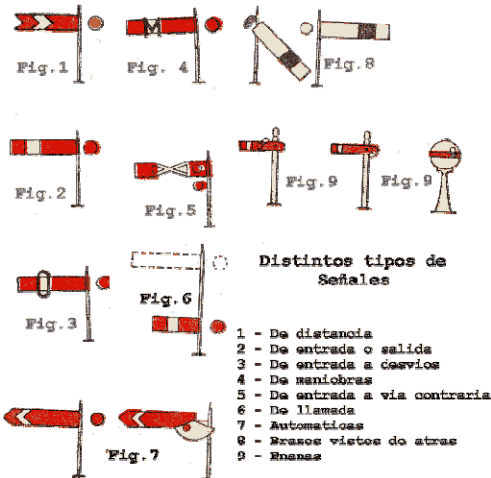
En cuanto a lo que respecta a normas de señalizaciones observamos detalladamente las definiciones de cada señal utilizada en el transcurso de un tren sobre la vía así como sus reglas a seguir para su construcción y diseño establecido.

De esta manera podríamos concluir diciendo que es necesaria la construcción establecida en las normas de señalización con el fin de procurar una forma segura y adecuada para el rápido y seguro transporte del tren a su destino

² <http://www.catskillarchive.com/rrextra/npr1844.jpg>

³ http://www.turismoactual.net/wp-content/uploads/2007/11/tren_renfe_talgo_s-130.jpg





Tipos de señales⁴

NORMAS GENERALES PARA PROYECTO GEOMETRICO

En este tema podríamos terminar diciendo que cada norma de diseño es claramente requerida en el proyecto ya que es necesaria una evaluación con el fin de poder dar de alta el proyecto en cuestión y por medio de las normas se establecerán todo los aspectos a tomar para una buena planificación del proyecto geométrico.

Las normas generales de proyecto nos proporcionan las herramientas necesarias para calcular las curvas especiales y características de vías que nos ayudara a tener una vía con la estabilidad confort necesaria para nuestra vía

Dentro de estos aspectos se deben considerar:

Las propiedades de los alineamientos vertical y horizontal.

Pasos a nivel y desnivel.

Vías auxiliares.

En cuanto a la geometría debemos de tener en cuenta las especificaciones de cada parte de la vía como son:

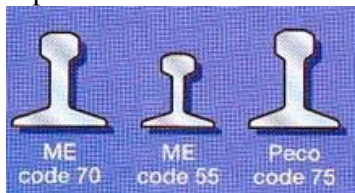
Las curvas especiales.

Las corta vías, peines, labios, peras, Y griega, espuelas, etc.

Con el fin de poder optimizar la construcción y manejo de cada parte del proyecto geométrico basándonos en las normas y cumpliendo con estas para cubrir los requisitos establecidos en cada etapa de diseño.

SUPERESTRUCTURA

Las partes observadas en esta unidad son muy específicas ya que se muestra cada parte de la superestructura como es el riel, durmiente, balasto, las placas de asiento, y todos los accesorios.



⁴ <http://usuarios.lycos.es/rielsud/senalrit.gif>



Partes que componen la superestructura riel⁵, durmiente⁶, etc.

En cuanto a los accesorios se observa como son importantes en cada parte de la vía y que con estos sujetamos y fijamos la vía en cuestión mejorando su continuidad.

Se definieron cada una de estas partes de la vía con el fin de tener una buena y mejor comprensión de que y como está constituida la superestructura.

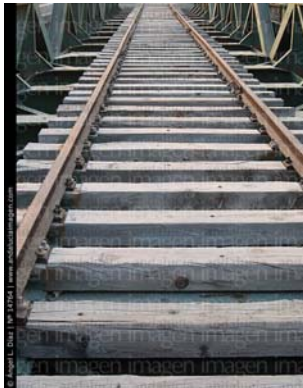
Cada parte de la superestructura fue definida y mostrando de que y como esta hecha cada una de ellas en cuanto a su material y sus medidas claro basándose en las normas y reglamentos establecidos previamente.

Concluiríamos diciendo que es necesaria una clara y detallada definición de la superestructura ya que podrá entender mejor el funcionamiento de estas y como se comporta según el material utilizado en cada parte de la misma observando así como es de importante cada parte de esta ya que todo está constituido con el fin de soportar el tren que se transportara sobre esta.

INFRAESTRUCTURA

En este tema se observo claramente que cada aspecto y partes de la infraestructura que son muy importantes para el desempeño constante de tránsito del ferrocarril tanto a su salida como llegada a su destino cada parte como son: los aparatos de vías, la vía, la alimentación, subestación y las estaciones tienden a complementar la infraestructura.

Se mostró para su mayor entendimiento del lector cada una de las partes que conforman la infraestructura así como su clara definición y aspectos a considerar para su desarrollo.



Dentro de la Infraestructura se maneja varios aspectos como son: la vía⁷, estaciones⁸, etc.

DRENAJE

En cuanto a lo que concierne al drenaje en este tema se expreso claramente la definición de cada aspecto que conviene al momento de diseñar el tipo de drenaje adecuado para la obra ya sea para drenaje superficial o subterráneo así como cada uno de los aspectos a considerar.

La conclusión en cuanto a este tema podría ser que es necesaria la evacuación de las aguas que pueden afectar el desarrollo y el tiempo de vida de nuestro proyecto ferroviario ya que gracias a estas obras

⁵ http://www.ferroclubchile.cl/fotos/v_y_r04.jpg

⁶ http://farm1.static.flickr.com/19/101168951_76e223b5f8.jpg?v=0

⁷ http://www.andaluciaimagen.com/Via-Tren_14764.jpg

⁸ http://www.parasaber.com/recorte.php/20071220psamet_9/LCOH547/Ies/20071220psamet_9.jpg





complementarias podemos garantizar la evacuación adecuada de estos factores que provocan un riesgo mínimo o en algunas ocasiones graves para el desempeño de nuestra obra ferroviaria.

MECANICA DE VIAS

En este tema podrá observar los cálculos matemáticos que implican el desarrollo de la vía en cuestión ya que en estos se presenta como es necesario para el mejor desempeño de las maquinas que transitaran por a vía y estas requieran en trabajo mínimo para su traslado sobre las vías como lo es en las curvas.

La velocidad del tren juega un papel importante para el caculo de las curvas y con esto podremos realizar un mejor diseño de estas y así la maquina pueda librar sin mayor dificultad cualquier tipo de curva que se pueda presentar en trayectoria.

UNIDA 2

PROYECTO GEOMETRICO.

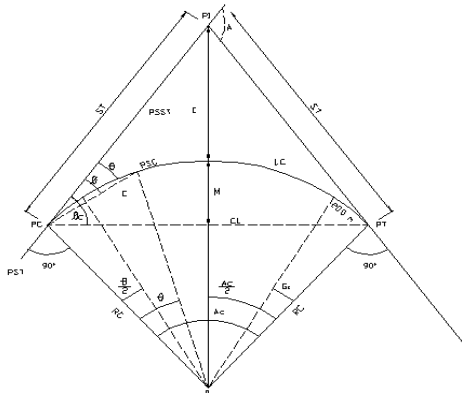
En esta unidad se presento cada uno de los factores que se deben considerar para el desarrollo del proyecto geométrico así como los cálculos necesarios y basados en las normas establecidas de diseño.

Se observa que para un tratamiento preciso del proyecto geométrico deben considerar se factores tales como la elección del a ruta del proyecto a desarrollar así como el proceso del anteproyecto con todos sus cálculos necesarios para obtener así el proyecto definitivo en cuestión.

Para llevar a cabo cada una de estas etapas será necesario consideras todas las aportaciones necesarias del lugar donde será construido el proyecto ferroviario como es la configuración topográfica, las actividades socio-económicas de la zonas a comunicar esto con el fin de tener una visualización clara del tipo de proyecto a desarrollar.

En cuanto a lo que respecta al anteproyecto es necesario y preciso desarrollar cada una de sus etapas como son los cálculos del alineamiento horizontal que son todas las tangentes y curvas horizontales que se presentaran durante el desarrollo del proyecto, así como el alineamiento vertical el cual está constituido por tangentes y curvas verticales también es necesario el cálculo de las secciones transversales que son necesarias ya que con estas obtendremos los volúmenes de material que será cortado o terraplenado.





Curva circular⁹

Para el cálculo de las curvas es necesario tener en cuenta la velocidad de proyecto ya que el promedio de esta visualizaremos que tipo de curvas se presentaran en nuestro proyecto para lo cual los cálculos ya están establecidos por las normas de ferrocarriles para cada tipo de curva como podrían ser curvas simples, en espiral así como compuestas simples o en espiral.

Terminaríamos diciendo que el proyecto geométrico es la parte vital para poder desarrollar clara y precisamente todo el proyecto que se necesita en la construcción de una vía ferroviaria de principio a fin porque aquí se implican todos y cada uno de los aspectos considerados previamente de esta forma podrá plasmar todas las ideas que constituye el desarrollo completo y final para su construcción.

En esta unidad también se maneja lo que es el drenaje se explica ampliamente y además se expresan las formulas de diseño para el cálculo de alcantarillas o drenaje transversal se como manifiesta cada aspecto a considerar en la elección del tipo de drenaje a construir.

UNIDAD 3

OBRAS COMPLEMENTARIAS Y TUNELES

Como ya esta explicado en la unidad las principales funciones de las obras complementarias son elementos que se requieren para el funcionamiento del ferrocarril ya sean puentes túneles y las obras de drenaje que se explicaron con anterioridad.

Como se expresa las obras provisionales son indispensables cuando ay algún tipo de accidente en lo que es la vía ya que por medio de estas se podrá reanudar en trafico de los ferrocarriles y podrá reconstruirse la vía afectada sin ningún problema.

En cuanto a lo que respecta a las obras definitivas son estructuras que intervienen permanentemente en el proyecto de una vía férrea como son los puentes.

La defensa fluvial de los puentes, es una obra definitiva que permanentemente hay que inspeccionar y controlar, puesto que las condiciones que sirven para el diseño, pueden cambiar con el transcurso de los años

⁹ <http://caminos.construaprende.com/entrada/Tesis1/cap3/Image6.gif>



Los puentes son una obra complementaria muy importante ya que por medio de estos podemos salvar fácilmente obstáculos que sería difíciles de cruzar sin ellos como lo son las barrancas y terrenos muy accidentados ya que el terreno no siempre está en condiciones topográficas aceptables con desniveles mínimos.



Los puentes constituyen una de las obras complementarias¹⁰

En esta unidad se presenta la clasificación detallada de cada tipo de túnel que podría ser usado en la elección del tipo de obstáculo que desee salvar así como los tipos de material como que pueden ser fabricados.

Otra obra no menos importante son los túneles ya que estos cumplen funciones similares a la de los puentes salvo que en estos se pretende salvar un obstáculo como son montañas o incluso bajo la superficie del agua o en ocasiones en lugares donde no puede ir superficialmente se construyen estas obras para transportar el tren bajo tierra como ejemplo tenemos el tren de la ciudad de México, el de Nueva York, etc.



El túnel también conforma parte de las obras complementarias^{11, 12}

Se expresan los aspectos a considerar en el diseño de una estructura complementaria como son las cargas propias, muertas, las sobrecargas, las acciones del viento sobre las estructuras que esta se expresa en las sobrecargas climáticas así como las sobrecargas del terreno, etc.

Se muestra el diseño de las estructuras a base de concreto sus especificaciones y aspectos a considerar para la colocación del tipo de concreto a utilizar.

¹⁰ http://farm2.static.flickr.com/1305/1341487447_628451394c.jpg?v=1202740825

¹¹ http://www.adn.es/clipping/ADNIMA20070904_2871/4.jpg

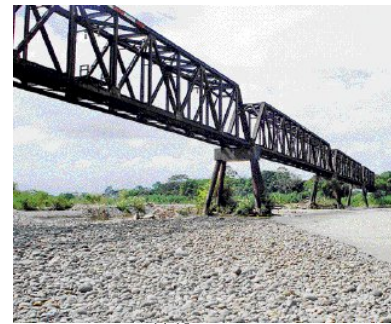
¹² <http://images.google.com.mx/images?um=1&hl=es&q=tunel+del+tren>





Estructuras complementarias a base de concreto¹³

De la misma manera se presenta el diseño de estructuras a base de acero se presentan sus características y cualidades a su vez las desventajas que presenta esto con la finalidad de poder elegir un tipo de material se utilizara de acuerdo a las condiciones que afecten en el área de construcción de la obra complementaria.



Estructuras de acero de obras complementarias^{14, 15}

Se muestran también lo que son las líneas de influencia las cuales se requieren para el cálculo de las cargas que serán transmitidas en las obras complementarias como los son los puentes se explica cómo actúan las cargas y de qué manera se puede determinar lo que son las líneas de influencia.

Se muestran las ventajas del concreto pre esforzado, traveses armados esto con la finalidad de ver sus características principales ya así poder escoger que tipo de estructura será utilizada en la construcción de las obras complementarias.



Estructura de concreto preesforzado^{16, 17}

¹³[http://tbn0.google.com/images?q=tbn:W0A4cDMnJzNiM:http://bp1.blogger.com/_aRSDnfpL52Y/Rv2ZANqtI/AAAAAAABABQY/qZ8FBn9JAvU/s320/Imagen%2B\(744\)_edited.jpg](http://tbn0.google.com/images?q=tbn:W0A4cDMnJzNiM:http://bp1.blogger.com/_aRSDnfpL52Y/Rv2ZANqtI/AAAAAAABABQY/qZ8FBn9JAvU/s320/Imagen%2B(744)_edited.jpg)

¹⁴ http://www.seleneviajes.com.ar/logos/imagenes/noroeste_arg/tren_nubes4.jpg

¹⁵ http://www.nacion.com/ln_ee/2008/enero/24/_Img/1872106_0.jpg

¹⁶ <http://www.vydsa.com/obras/puente-neveria-durango.jpg>

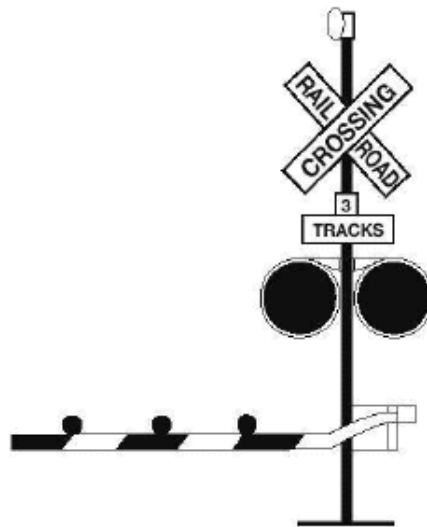
¹⁷<http://portaladm.chihuahua.gob.mx/atach2/scop/uploads/PRINCIPALES/CONSTRUCCION%20CAMINOS/FOTOGRAFIAS%20PRINCIPAL/CONST%20DE%20NUEVOS%20PUENTES%20Y%20PASOS%20PEATONALES/PUENTES/RSTAISABEL-11.jpg>



Conclusiones

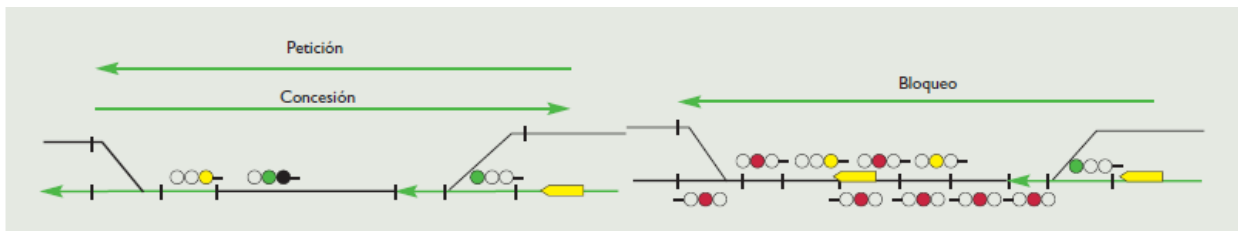
4. Señalización ferroviaria y patios terminales.

Para concluir podríamos decir que los señalamientos constan tanto de los aparatos utilizados para este fin, ya sean los semáforos o las pantallas y/o balizas, como de los códigos de signos utilizados para dar la indicación de velocidad por poner un ejemplo, e incluso se puede utilizar la combinación de estos para dar un mensaje más claro.



18

La importancia de los señalamientos en proyecto tiene que ver más que nada con la localización de estos a lo largo del trayecto de la vía ferroviaria; ya que estos indicaran al operador del ferrocarril tanto las velocidades de trayecto dependiendo de la zona que este por delante, por ejemplo en cruces con otras vías de comunicación; o como las medidas preventivas que deberá de tomar el maquinista para que el ferrocarril tenga un trayecto seguro, cómodo y eficiente.



19

Se pueden hacer varias clasificaciones de los señalamientos dependiendo, de su objetivo el cual puede ser ya sea informar, restringir o indicar medidas de precaución; de su mecanismo de funcionamiento, como pueden ser señales luminosas, en pantalla o incluso manuales.

¹⁸ Señales de luces rojas intermitentes <http://www.lowestpricetrafficschool.com/handbooks/cdl/sp/10/4>

¹⁹ Los sistemas de señalización en el ferrocarril: su evolución

https://www.icaei.es/contenidos/publicaciones/anales_get.php?id=1399 Boloqueos



Las dimensiones y características de los señalamientos deben estar determinadas por las normas técnicas correspondientes en cada país, y van desde señales simples o con combinación de ellas para que estas sean más específicas, también hay señales intermitentes; en cualquiera de estos casos la señal debe ser clara y no dado a interpretaciones.



La ubicación transversal al eje de la vía de los señalamientos depende en gran medida del tipo de vía que se trate, puede ser a la izquierda, derecha o encima de la vía e incluso un mismo señalamiento servirá para varias vías.

La poca visibilidad en el trayecto de un ferrocarril no debe representar ningún impedimento para que las señales no sean vistas por el maquinista, para ello se deben colocar señales especiales que deben de poder ser observadas en la noche, ya sea que cuenten con una película reflejante o que estas sean luminosas; o en lugares donde no sea suficiente la luz natural para observarlas ya sea por cuestiones de estructuras especiales o por cuestiones climatológicas.



Los patios terminales son las áreas del ferrocarril, donde se atienden los servicios públicos de carga y de pasajeros, servicios de inspección, mantenimiento, aprovisionamiento y formación de trenes de carga y pasajeros.

²⁰ Señalamientos encima de una vía. ²⁰ *Los sistemas de señalización en el ferrocarril: su evolución*
https://www.icaei.es/contenidos/publicaciones/anales_get.php?id=1399 -





21

Las terminales de pasajeros reciben y envían trenes de viajeros, además del intercambio de este medio a otros medios de transporte o viceversa. Las terminales de viajeros están compuestas por las vías, andenes e instalaciones necesarias propias para la el servicio de los trenes. Además existen instalaciones dedicadas a la atención del pasajero (información, restaurantes, salas de espera, zonas comerciales, etc.) y las zonas dedicadas al transporte de equipaje y paquetes y por ultimo cuentan con Instalaciones tales como aparcamientos u otros accesos.



22

5. Proyecto de ferrocarriles

El Autocad es un programa de diseño asistido por computadora que nos es muy útil para los fines perseguidos en esta obra, que es la de proyectar el trazo geométrico de una vía férrea, la cual puede

²¹ Patio terminal Parque recreacional el Encanto.

http://www.skyscrapercity.com/showthread.php%3Fr%3D576228&h=600&w=800&sz=289&hl=es&start=10&um=1&usg=__PDKjBTRZaaa-urQ3mFz3O_fOqDw=&tbnid=aErUKsNNRkY4aM:&tbnh=107&tbnw=143&prev=/images%3Fq%3Dpatios%2Bterminales%2Bde%2Btren%26gbv%3D2%26um%3D1%26hl%3Des.

²² Estación de tren de Córdoba. <http://otracobordobaesposible.wordpress.com/2007/07/>



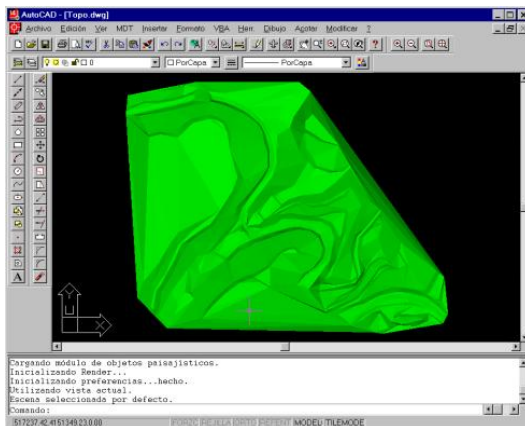


verse más realista con todas las opciones graficas que este programa nos ofrece, tales como la barra de herramientas “Render”; desde la cual podemos asignarle colores texturas y otras propiedades para que en una presentación final tengamos la opción de poder apreciar una vista muy cercana a la que tendrá cuando el proyecto sea ejecutado.

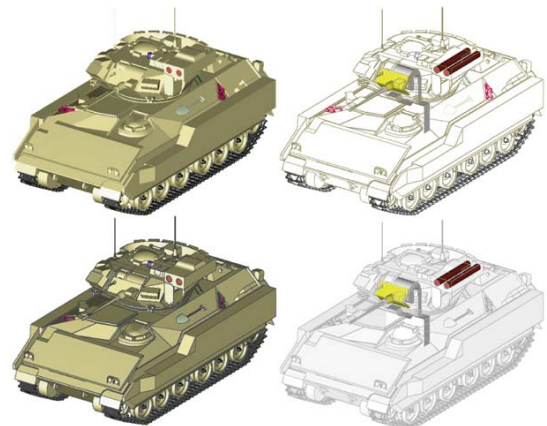


23

Gracias a la amplia gama de comandos que este programa nos ofrece podemos partir de un dibujo en dos dimensiones, las cuales deben cumplir ciertos parámetros para poder continuar con un procedimiento de dibujo en tres dimensiones; al cual de igual manera deben procurarse declarar con determinadas características de materiales, acabados y luces para poder pasar de un dibujo en tres dimensiones a un dibujo fotorealístico.



24



Uno de los principales parámetros que debe cumplir el dibujo en dos dimensiones para poder ser explotado a tres dimensiones es principalmente que este dibujo debe ser declarado como un solo objeto lo cual se logra ya sea dibujándolo con el comando Polilínea, con el comando línea y después convertirlo a polilínea o dibujando sobre las línea ya dibujadas con una polilínea.

Las propiedades de color, texturas, brillo, opacidad, luces, etc. se aplican todas ellas desde la barra de herramientas llamada “Render”, la cual cuenta con una biblioteca de todas estas características que pueden ser utilizadas directamente, o bien pueden importarse texturas y acabados desde ciertos

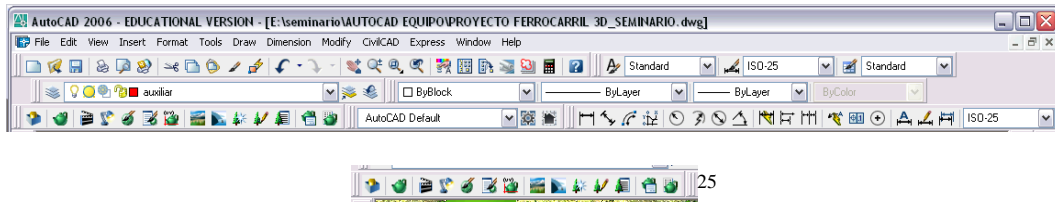
²³ Autocad 2007 ©. <http://www.masoportunidades.com.ar/aviso/2744444-windows-vista-actualizacion-de-pc>

²⁴ Diseños en autocad. <http://cadcamcae.wordpress.com/category/software-general/page/4/>

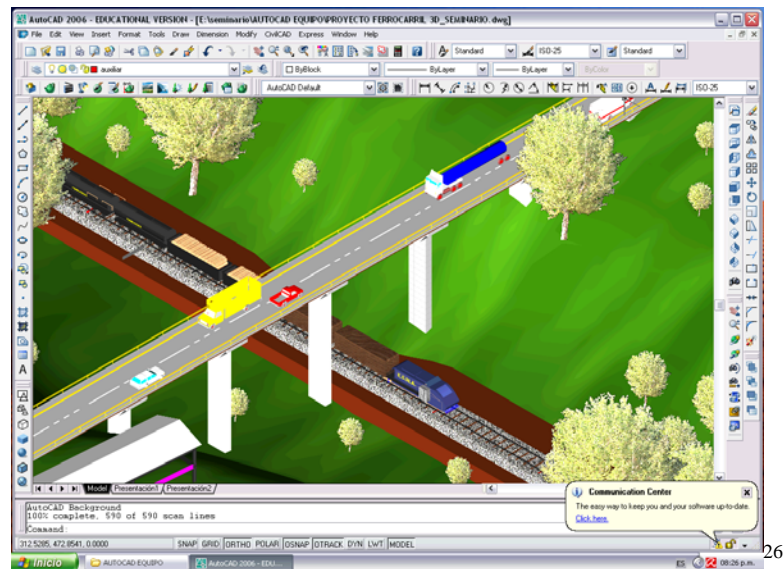




archivos que sean compatibles con el programa; también pueden crearse combinaciones de características y guardarlas como una sola.



Para el proyecto de Ferrocarriles es de gran ayuda este programa ya que nos permite dibujar, también con ayuda del programa Civil Cad el trazo del eje de proyecto, los cadenamienos, curvas verticales y horizontales; así como los perfiles del terreno y la secciones de proyecto además de la curva masa; de una manera rápida. A continuación se presenta una imagen final de lo que se puede realizar con el Autocad.



6. Trazo de vía, curvas verticales, curvas horizontales, curva masa.

El programa CivilCad® 2007 es un software medular en el proyecto de Ferrocarriles ya que este permite un diseño muy aproximado al diseño final o diseño real de una vía férrea, no es posible utilizar este programa ya que no contiene algunos parámetros fundamentales para el diseño de Ferrocarriles lo cual lo convierte en tan solo una ayuda para nuestros fines.

²⁵ Barras de herramientas de Autocad y Barra de Renderizado.

²⁶ Imagen fotorealística creada con Autocad en esta obra.

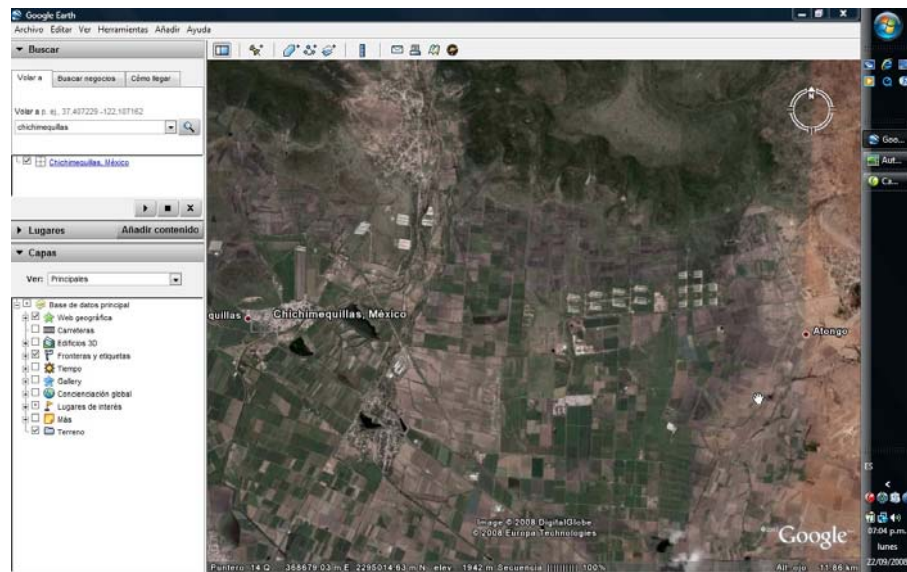




27

Este programa y ahora también el AutoCad Civil 3D® 2008, además del Google Earth® nos permitieron importar una configuración de terreno para nuestro proyecto de una manera sencilla y rápida, claro esta que en un proyecto real no debe dejarse a un lado los levantamientos topográficos que son los que nos darán esta información.

El programa Google Earth® es el primero utilizado para nuestro proyecto, con el cual pudimos localizar la zona de proyecto y así ubicar el terreno en el cual se proyectara.



28

El programa AutoCad Civil 3D® nos permitió importar la configuración desde una imagen satelital directamente tomada del Google Earth®, pero esta configuración tuvo que ser exportada en un formato de coordenadas.

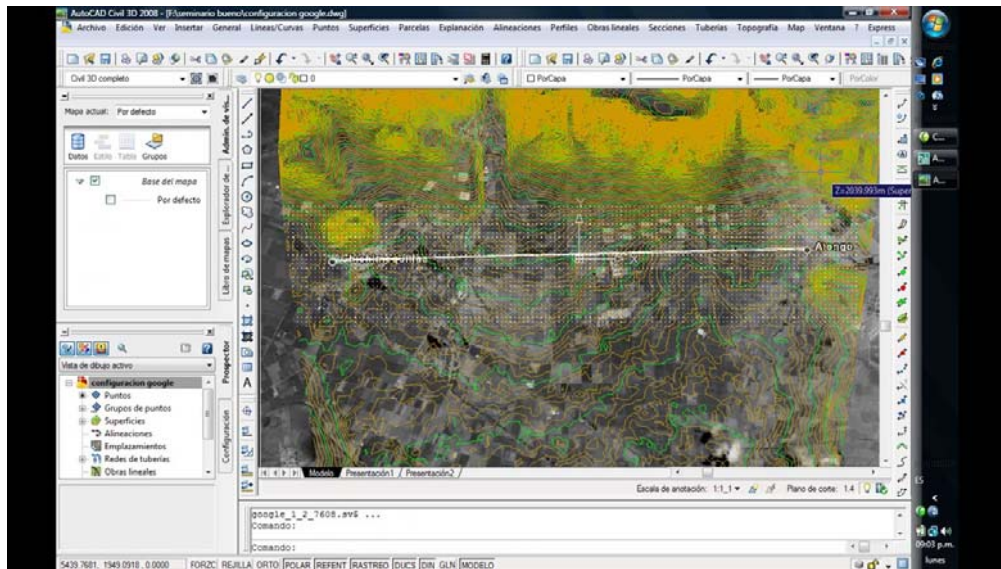
29

²⁷ Logotipos de Civilcad, Civil 3D de Autocad y Google Eart.

²⁸ Localizacion de la zona de proyecto con la ayuda de Google Eart.

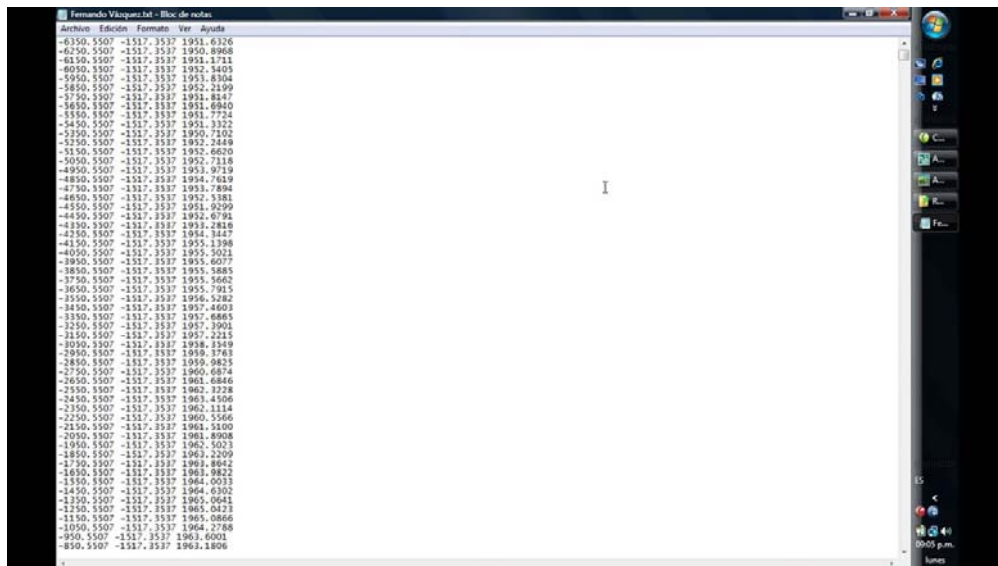
²⁹ Conversión de coordenadas del Civil 3D a un formato con extensión .txt





30

Una vez obtenida la configuración en un formato de coordenadas estas fueron importadas al programa Autocad con ayuda del CivilCad® 2007, en el cual lo primero que se realizo después de la importación de los puntos del terreno fue la definición de las curvas de nivel con su respectiva equidistancia y diferenciando entre las curvas maestras y las curvas secundarias.



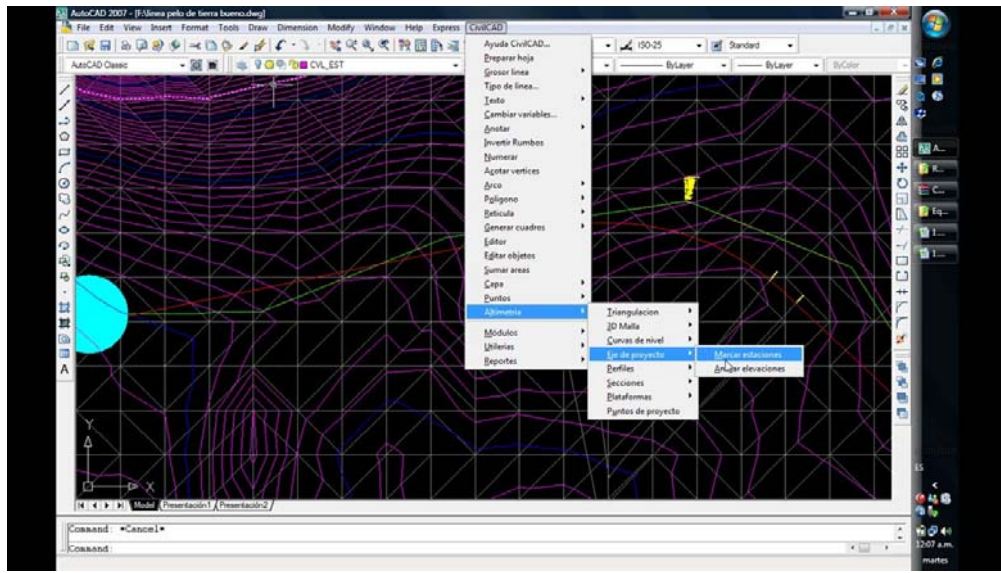
31

Es seguida se procedió a localizar los puntos a unir con sus respectivas coordenadas y se definió la longitud mínima de los tramos de la línea a pelo de tierra para no exceder lo estipulado en las normas de Proyecto de Ferrocarriles; una vez unidas las localidades se realizo un trazo definitivo tratando de seguir lo más posible a la línea a pelo de tierra, sobre el cual se trazaron las curvas horizontales tanto simples como en espiral, siguiendo los parámetros establecidos en las normas de Proyecto de Ferrocarriles.

³⁰ Obtención de la configuración de un terreno con Civil 3D de Autocad.

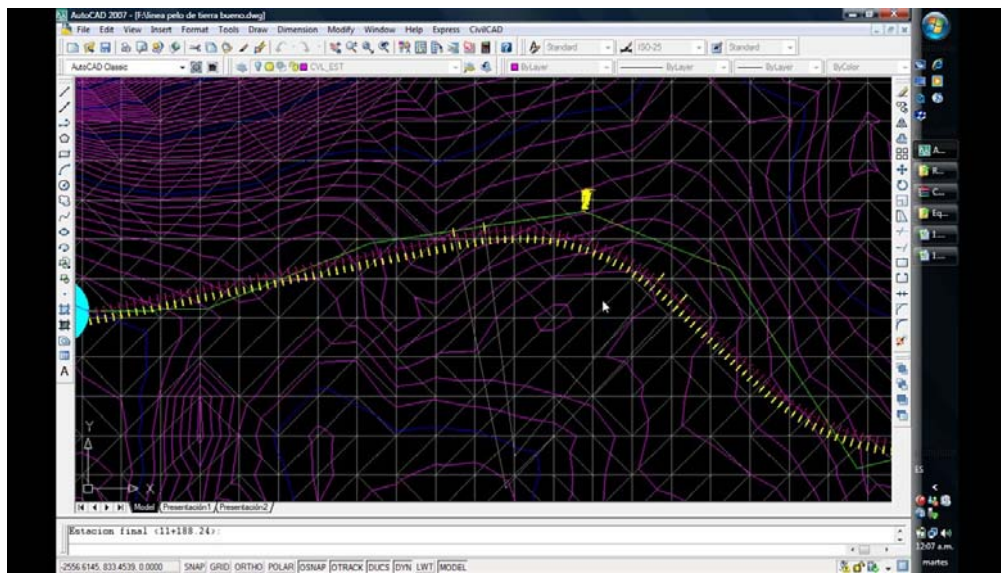
³¹ Conversión de coordenadas con ayuda del Civil 3D para importarla en Autocad.





32

Una vez concluido el trazo de las curvas horizontales se procedió a dibujar las estaciones o cadenamientos, una vez mas apoyándonos en las normas de Proyecto.



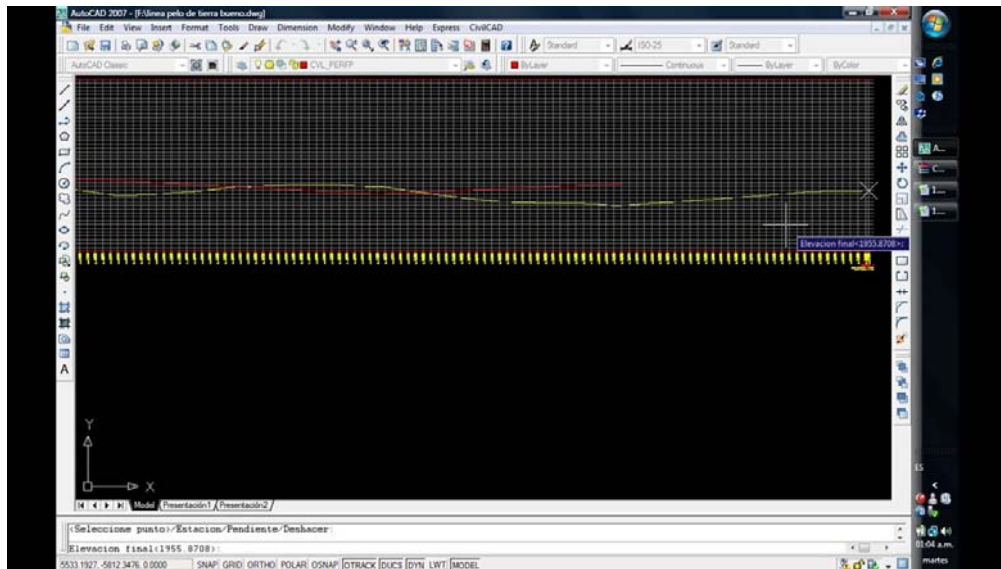
33

La segunda parte del proyecto implicó dibujar el perfil del eje de proyecto para valorarlo y así poder continuar con una parte del cálculo que es de gran importancia para el proyecto, el cálculo de la curva masa; pero antes de eso se dibujo la retícula del perfil obtenido y posteriormente las curvas verticales.

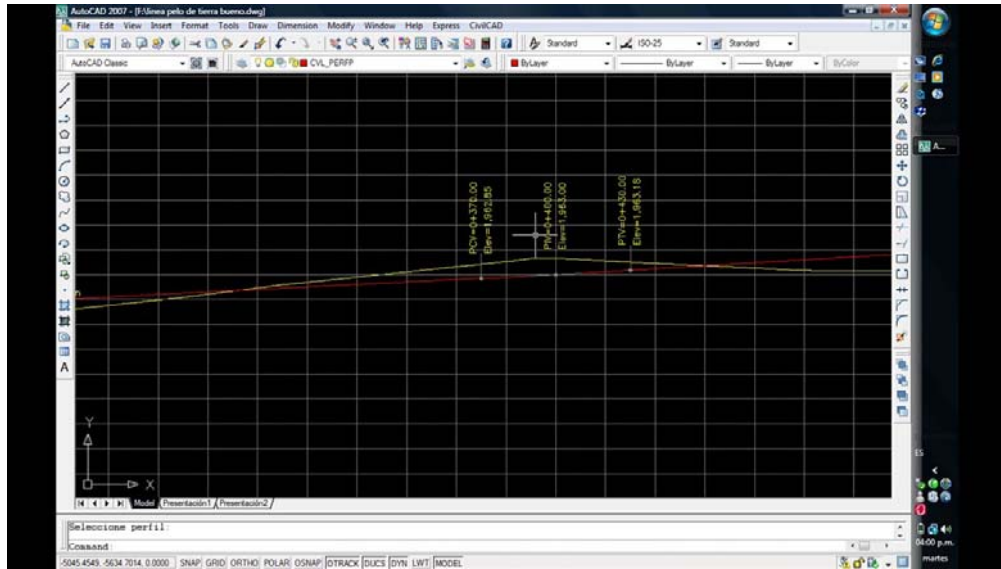
³² Configuración del terreno en Autocad y trazo de línea a pelo de tierra.

³³ Cadenamiento, trazo de curvas horizontales simples y en espiral.





34



35

Finalmente una vez concluido esto fue posible dibujar la Curva Masa. Aunque para los fines que perseguimos en este trabajo solo se tomaron los datos proporcionados por el Civilcad para poder obtener un calculo real de curva masa ajustando los parámetros a los correspondientes a Ferrocarriles, lo cual se realizo con la ayuda del Office.

³⁴ Trazo del perfil con ayuda de Civilcad.

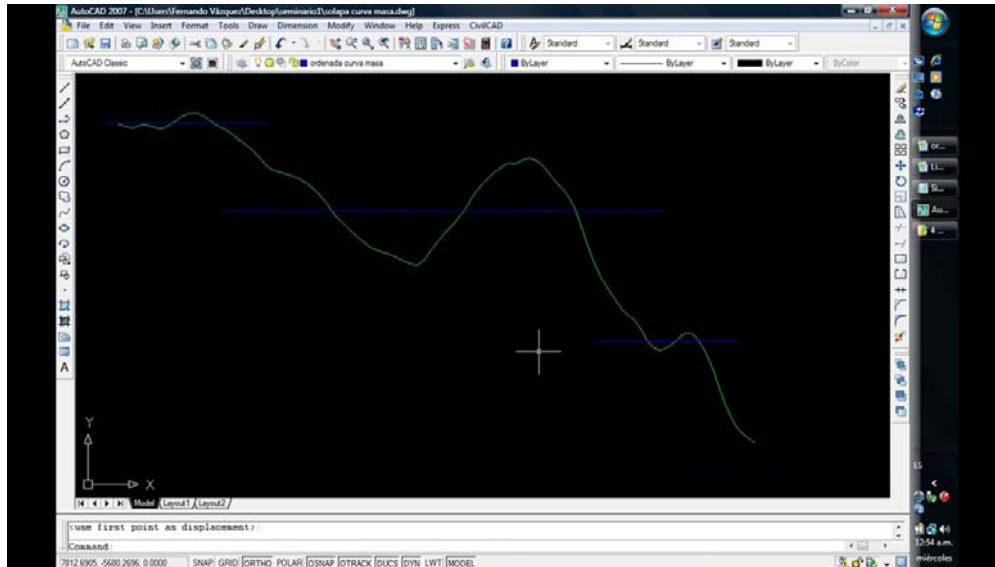
³⁵ Trazo y calculo de curvas verticales con el criterio de Civilad.





COORDENADA INICIAL DE CURVA MASA		100,000.00		AREAS																							
RECORRES DE TR LEVANTADAS EN CAMPO		ELEVACIONES		ESPESORES		DESPALME		C		I		SBY		SBR		SBA		SAL		OVR		Factor de abundamiento en corte		SEMI-DISTANCIA		DESPALME	
TI	TI	TI	TI	C	T	DC	DT	C	I	SBY	SBR	SBA	SAL	OVR	Factor de abundamiento en corte	SEMI-DISTANCIA	DC	DT	Factor de abundamiento en corte	SEMI-DISTANCIA	DC	DT	Factor de abundamiento en corte	SEMI-DISTANCIA	DC	DT	
0+000.000	1958.951	1951.000	0.00	1.05	0.00	2.57	0.00	4.93	5.85	3.14	0.72	1.05	0.47														
0+020.000	1960.069	1951.100	0.00	1.03	0.00	2.56	0.00	4.69	5.85	3.14	0.72	1.05	0.47														
0+040.000	1960.187	1951.200	0.00	1.01	0.00	2.55	0.00	4.44	5.85	3.14	0.72	1.05	0.47														
0+060.000	1960.305	1951.300	0.00	0.99	0.08	2.45	0.00	4.13	5.85	3.14	0.72	1.05	0.47														
0+080.000	1960.520	1951.400	0.00	0.89	0.73	1.74	0.00	2.72	5.84	3.14	0.72	1.05	0.47														
0+100.000	1960.676	1951.500	0.00	0.82	1.48	0.99	0.00	2.00	5.82	3.14	0.72	1.05	0.47														
0+120.000	1960.812	1951.600	0.00	0.79	2.41	0.00	0.00	1.57	5.81	3.14	0.72	1.05	0.47														
0+140.000	1960.947	1951.700	0.00	0.75	2.39	0.00	0.03	1.17	5.80	3.14	0.72	1.05	0.47														
0+160.000	1961.134	1951.800	0.00	0.67	2.34	0.00	0.28	0.40	5.74	3.14	0.72	1.05	0.47														
0+180.000	1961.238	1951.900	0.00	0.56	2.28	0.00	1.08	0.00	5.65	3.14	0.72	1.05	0.47														
0+200.000	1961.550	1962.000	0.00	0.49	2.21	0.00	2.24	0.00	5.52	3.14	0.72	1.05	0.47														
0+220.000	1961.785	1962.100	0.00	0.34	2.14	0.00	3.39	0.00	5.38	3.12	0.72	1.05	0.47														
0+240.000	1961.980	1962.200	0.00	0.22	2.07	0.00	4.46	0.00	5.18	3.08	0.72	1.05	0.47														
0+260.000	1962.211	1962.300	0.00	0.09	2.05	0.00	5.75	0.03	5.04	3.17	0.72	1.05	0.47														
0+280.000	1962.466	1962.400	0.07	0.00	2.00	0.00	7.48	0.04	5.00	3.29	0.72	1.05	0.47														
0+300.000	1962.695	1962.500	0.20	0.00	2.53	0.00	9.07	0.02	5.00	3.29	0.72	1.05	0.47														
0+320.000	1962.902	1962.600	0.30	0.00	2.55	0.00	10.40	0.02	5.00	3.29	0.72	1.05	0.47														
0+340.000	1963.109	1962.700	0.41	0.00	2.57	0.00	11.74	0.02	5.00	3.29	0.72	1.05	0.47														
0+360.000	1963.316	1962.800	0.52	0.00	2.58	0.00	13.10	0.02	5.00	3.29	0.72	1.05	0.47														
0+380.000	1963.522	1962.901	0.62	0.00	2.61	0.00	14.52	0.02	5.00	3.29	0.72	1.05	0.47														
0+400.000	1963.665	1963.008	0.66	0.00	2.62	0.00	14.87	0.02	5.00	3.29	0.72	1.05	0.47														
0+420.000	1963.666	1963.121	0.44	0.00	2.57	0.00	12.59	0.02	5.00	3.29	0.72	1.05	0.47														

36



37

11.3. DISEÑO ESTRUCTURAL DE INFRAESTRUCTURA FERROVIARIA, MEDIANTE LOS SOFTWARE DE STAAD PRO Y SAP.

El diseño estructural realizado por estos dos programas de cálculo, para infraestructura de cualquier índole es muy versátil y sencillos de usar, ya que cuentan con una serie de ayudas paso a paso con los cuales su manejo se facilita a demás de que cuentan con cuadros de dialogo perfectamente definidos para el modelado tridimensional de cualquier estructura.

Para nuestro caso que es el diseño de un Puente, primeramente se debe tener el predimensionamiento de nuestra estructura a realizar, para así poder cargar estos datos en nuestros programas de cálculo, también se deben conocer las partes que constituyen un puente ya que de esto depende en gran medida la dimensión de perfiles que se utilizaran.

³⁶ Edición de los resultados de Civilcad para obtener curva Masa.

³⁷ Curva Masa obtenida después del proceso de cálculo.





Dentro del puente distinguimos 3 partes:

- **Superestructura:** está constituida por todos los elementos estructurales o constructivos, que forman parte de la obra que permite el tránsito sobre la misma para salvar el obstáculo. Este conjunto se denomina “tablero” y en él se identifican los siguientes elementos:

- material de la estructura metálico (con tablero superior o inferior)

 - viga de alma llena

 - viga de reticulado rectangular

 - parabólica

 - placas corrugadas metálicas

 - hormigón puente losa: losa maciza

 - losa nervurada

 - losa aligerada

 - puente viga: viga placa

 - vigas cajón

 - formas especiales.

 - mixto

 - mampostería

 - madera

 - carpeta de desgaste bituminosa

 - hormigón simple o armado

 - epoxídicas

 - madera tratada (vida útil de 16 a 25 años)

- juntas de dilatación perfiles metálicos y burlete

 - armada

 - tipo peine

 - elástica

- barandas defensas metálicas (flex beam)

 - defensas de hormigón (New Jersey)

 - baranda peatonal

- **Infraestructura:** está formada por todas las estructuras que dan apoyo a la superestructura, transmitiendo las cargas al suelo. Dentro de la infraestructura consideraremos incluidas a las fundaciones. Los apoyos intermedios se denominan “pilas”, en tanto que los extremos se denominan “estribos” y sirven como identificación con los terraplenes de acceso, además reciben el empuje de los suelos de los mismos

- estribos abierto

 - cerrado

- pilas columnas (cuando la sección es circular)

 - pared corrida

 - sección hueca

 - formas especiales

- fundaciones directas





indirectas; de acuerdo con las características físico-mecánicas de los suelos en el lugar de emplazamiento.

- Obras complementarias: estos trabajos se ejecutan con el objeto de mejorar las condiciones de operación de la estructura; ellos son:

- losa de aproximación.

- veredas macizas
con canalizaciones para el pasaje de servicios públicos

- desagües

- señalización horizontal
vertical
luminosa caminera
balizamiento fluvial
balizamiento aéreo

- protección de conos de terraplén
márgenes
cauce

- defensas contra impacto de embarcaciones témpanos

- limpieza de cauce

- iluminación

- forestación

TIPOS DE PUENTES.

Los puentes se pueden clasificar en diferentes tipos, de acuerdo a diversos conceptos como el tipo de material utilizado en su construcción, el sistema estructural predominante, el sistema constructivo utilizado, el uso del puente, la ubicación de la calzada en la estructura del puente, etc.

- **Según el material empleado en la construcción del puente pueden ser de:**
 - mampostería
 - madera
 - hormigón armado
 - hormigón pretensado
 - acero
 - hierro forjado
 - compuestos

La estructura de un puente no está constituida de un único material, por lo cual, esta clasificación difícilmente se adapta a la realidad. Por ejemplo, los puentes de arcos hechos con mampostería de ladrillos, normalmente tienen las bases construidas con mampostería de piedra ya que de este modo resultan más consistentes y más duraderos al embate de las aguas de un río.





- **Según el obstáculo que salvan los puentes pueden ser:**
 - *acueductos: soportan un canal o conductos de agua.*
 - *viaductos: puentes contruidos sobre terreno seco o en un valle y formados por un conjunto de tramos cortos.*
 - *pasos elevados: puentes que cruzan autopistas, carreteras o vías de tren.*
 - *carretera elevada: puente bajo, pavimentado, sobre aguas pantanosas o en una bahía y formado por muchos tramos cortos.*
 - *alcantarillas: un puente por debajo del cual transitan las aguas de un río o quebrada.*
- **Según el sistema estructural predominante pueden ser:**
 - *isostáticos*
 - *hiperestáticos*

Aunque esto nunca será cierto al menos que se quisiera lograr con mucho empeño, todos los elementos de un puente no podrán ser isostáticos, ya que por ejemplo un tablero apoyado de un puente está formado por un conjunto altamente hiperestático de losa de calzada, vigas y diafragmas transversales (separadores), cuyo análisis estático es complicado de realizar.

Este tipo de clasificación es cierta si se hacen algún tipo de consideraciones, como por ejemplo:

- se denomina "puente isostático" a aquel cuyos tableros son estáticamente independientes uno de otro y, a su vez, independientes, desde el punto de vista de flexión, de los apoyos que los sostienen.

- se denomina "puente hiperestático" aquel cuyos tableros son dependientes uno de otro desde el punto de vista estático, pudiendo establecerse o no una dependencia entre los tableros y sus apoyos.

También según el sistema estructural los puentes se pueden clasificar como:

- *puentes en arco o arqueados (el elemento estructural predominante es el arco, utilizando como material de construcción el acero y que pueden ser estáticos o hiperestáticos). Pueden ser de:*
 - *tablero superior*
 - *acero con tímpano de celosía*
 - *arcadas y de hormigón*
 - *con tímpano abierto o macizo*
 - *tablero inferior, discurriendo la calzada entre los arcos, paralelos o no, con diversos tipos de sujeción.*
- *puentes colgantes. Constan de un tablero suspendido en el aire por dos grandes cables, que forman sendas catenarias, apoyadas en unas torres construidas sobre las pilas. El tablero puede estar unido al cable por medio de péndolas o de una viga de celosía. Existen diversos puentes colgantes con luces superiores a 100.*
- *puentes de vigas Gerber (tienen tableros isostáticos apoyados sobre voladizos de tramos isostáticos o hiperestáticos).*
- **Según su destino los puentes pueden ser:**
 - *viaductos*
 - *para carretera*
 - *para ferrocarril*
 - *compuestos*
 - *acueducto (soporte de tuberías de agua, gas, petróleo, etc.)*
 - *pasarelas: pequeños puentes para peatones.*





- **Según el anclaje:**
 - Puentes fijos: aparecen anclados de forma permanente en las pilas. Dentro de este tipo están los puentes de placas, cuya armadura es una plancha de hormigón armado o pretensado que salva la distancia entre las pilas. Es una construcción bastante usual en las autopistas.
 - Puentes móviles: pueden desplazarse en parte para dar paso a embarcaciones
 - Puentes de pontones: apoyados sobre soportes flotantes, generalmente móviles, y se usan poco.
- **Según el sistema constructivo empleado.** Está clasificación generalmente se refiere al tablero.
 - vaciado en sitio: si la colada de concreto se hace sobre un encofrado dispuesto en el lugar definitivo.
 - losa de concreto armado o postensado sobre vigas prefabricadas (de concreto armado o precomprimido vigas metálicas, etc.).
 - tablero construido por voladizo sucesivos (por dovelas prefabricadas o vaciadas en sitio); puede ser construido por adición sucesiva de elementos de acero, soldados o empernados.
 - tablero atirantados
 - tablero tipo arpa, con doble fila de soporte o una sola fila
 - tablero lanzado (el tablero se construye en uno de los extremos del vano a cubrir y se lleva a su sitio deslizándolo sobre rodillos, suplementando el extremo delantero de la estructura con un elemento estructural auxiliar, llamado "nariz de lanzamiento")
- **Según la ubicación de la calzada** los puentes pueden ser:
 - de calzada superior: cuando la estructura portante tablero está ubicada íntegramente debajo de la calzada.
 - de calzada inferior: son los tableros cuya estructura portante está ubicada a los lados de la calzada sobresaliendo de su superficie o que esté ubicada por encima de la misma.

Hay puentes que tienen estructura por encima de calzada en algunos sectores y por debajo de ella en otros. Ejemplos de ello lo constituyen el puente sobre la Bahía de Sydney o el puente Forth en Escocia.

Los puentes de doble nivel de calzada constituyen una mezcla auténtica de los dos tipos de calzada y un ejemplo lo son el puente de la bahía de Oakland o el puente de Brooklin.

- **Puentes en "esviaje".** Se dice que el tablero de un puente tiene "esviaje" o que está construido en esviaje, cuando la forma en planta del tablero no es rectangular, lo que quiere decir que los apoyos del tablero forman un ángulo distinto a 90° con el eje longitudinal del tablero. El esviaje en tablero complica los análisis, el diseño y la construcción de un puente.
- **Alcantarillas:** son estructuras menores, aunque pueden llegar a alcanzar cierta importancia en función de circunstancias específicas.





Se utilizan como pasos a través de terraplenes, por lo cual quedan enterradas detectándose su presencia por los cabezales que asoman en cada extremo por prolongación de la misma alcantarilla.

Se diferencian 4 tipos:

- Alcantarillas de cajón: formadas por dos pared laterales, tapa y fondo, generalmente de sección constante y cartelas en las esquinas. Algunas veces no tienen relleno encima por lo cual las cargas rodantes estarán en contacto con la lo. de tapa; otras veces tienen relleno encima, no mayor de unos 8 mts A menor tamaño del cajón, el relleno puede ser mayor.
- Alcantarillas circulares: Son tubos enterrado, diámetros no menores de 90 cm, para facilitar Sin limpieza;. tubos de diámetros grandes son muy costosos.
- Bóvedas de concreto armado. Son estructuras que resisten grandes rellenos encima de su techo. Casi siempre formadas por secciones de espesores variables y con geometría de arcos circulares 6 parabólicos.
- Alcantarillas metálicas, formadas por chapas acanaladas, de acero galvanizado, premoldeadas para formar tubos de diámetro, previsto. Funcionan como estructuras elásticas ó flexibles, por lo cual se adaptan a las presiones del relleno que soportan.
- **Según el fundamento arquitectónico utilizado, los puentes pueden ser:**
 - **colgantes**
 - con armadura superior
 - con armadura inferior
 - **atirantados**
 - con forma de arpa
 - con forma de abanico
 - con forma de haz
 - **en arco**
 - superior
 - inferior
 - a nivel intermedio
 - **móviles**
 - giratorio
 - basculase
 - levadizo
 - **losa maciza**
 - un tramo
 - varios tramos (isostática e hiperestática)
 - articulado o gerber
 - **con vigas simplemente apoyadas**
 - un tramo
 - varios tramos
 - articuladas o gerber
 - articuladas o gerber con pilas tipo consolas
 - losa apoyada en vigas cajón
 - **pórticos**
 - empotrados
 - trilátero biarticulado





- *con soportes inclinados*
- *de pórticos triangulados*
- *armadura metálica*
 - *armadura y arriostramiento inferior*
 - *armadura y arriostramiento superior*
 - *tipo Bayley*
- *compuestos*
- *Otros tipos:*
 - *puentes de vigas simples* *salvan las luces mediante vigas paralelas, generalmente de hierro o de hormigón pretensado, y sobre cuya ala superior está la superficie de rodadura.* +ç
 - *puentes de vigas compuestas* *están formados por dos vigas laterales, compuestas por alas de chapa soldadas perpendicularmente a otra que sirve de alma; permiten grandes luces y pueden ser de tablero superior o inferior.*
 - *puentes de armadura en celosía* *son semejantes a los anteriores, pero con vigas en celosía, con elementos de acero soldado o remachado; permiten grandes luces y admiten diversas modalidades, tanto en tablero superior como inferior.*
 - *puentes continuos* *poseen una superestructura rígida, de vigas en celosía (de acero de alma llena u hormigón), apoyada en tres o más pilas; admiten grandes luces, pero son muy sensibles a los asientos de las pilas.*
 - *puentes cantiléver* *constan esquemáticamente de dos voladizos simétricos que salen de dos pilas contiguas, uniéndose en el centro por unas vigas apoyadas y suelen anclarse en los estribos simétricamente opuestos respecto al centro. los puentes cantiléver presenta diversas construcciones, en arco o viga, de acero u hormigón, y pueden salvar grandes luces, sin necesidad de estructuras auxiliares de apoyo durante su construcción.*
 - *puentes móviles* *están contruidos sobre las vías de navegación y permiten el paso de los barcos, desplazando una parte de la superestructura. Los puentes levadizos son sencillos y prácticos para luces no muy grandes. el más usado es el de tipo basculante, formado por uno o dos tableros, apoyados por un eje en las pilas y convenientemente contrapesados, que se elevan por rotación sobre el eje. Suelen construirse en acero, pero se han hecho ensayos con metales ligeros (duraluminio).*
 - *puentes de elevación vertical* *se usan para mayores luces y constan de una plataforma, que se eleva verticalmente mediante poleas siguiendo unas guías contiguas; la plataforma suele ser de acero con vigas de celosía o de alma llena.*
 - *puentes giratorios* *constan de una plataforma apoyada en una pila y capaz de girar 90°, dejando abiertos a cada lado un canal de circulación. Sólo usados para pequeñas luces, como los anteriores, son movidos, generalmente, por motores eléctricos.*





**Fig.11.3.1. Puente ferroviario metálico³⁸
mixto³⁹**



Fig.11.3.2. Puente ferroviario



Fig.11.3.3. Puente ferroviario atirantado⁴⁰

La metodología detallada para llevar a cabo nuestro diseño en cualquiera de los dos programas es como se elaboro en el capitulo 7 y 8 de nuestra tesis, a continuación se describe brevemente los pasos para el modelado de nuestro puente, siendo estos muy generales:

³⁸ <http://www.hispago.com/fotos/puente7.jpg>

³⁹ <http://www.adurcal.com/enlaces/cultura/patrimonio/grandes/Puentes.jpg>

⁴⁰ <http://www.caminandosinrumbo.com/temas/puentes/puentes.jpg>





**Fig., 11.3.4. PROGRAMA SAP 2000⁴¹
STAAD.Pro2007⁴²**

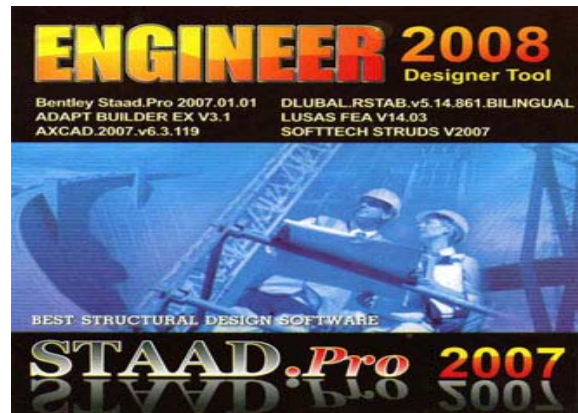


Fig., 11.3.5. PROGRAMA

- 1.- Generación del dibujo en 3D, donde asignamos las unidades de longitud y unidades de fuerza para nuestra estructura.
- 2.- Se abre la galería de estructuras precargadas en los programas y se asigna el tipo de armadura que se utilizara (Pratt, Warren o Howe), y automáticamente el programa la dibuja en pantalla.
- 3.- Una vez asignada la Armadura se le asignan los parámetros de geometría (altura, longitud, ancho, el número de crujías en su longitud y el número de crujías en su ancho), y se importa al editor del programa para darle propiedades.
- 4.- Ya que se tiene toda la geometría de nuestro puente, se procede a la asignación de las condiciones de apoyo estos pueden ser apoyos móviles o fijos. (Fixed, Pinned).
- 5.- Posteriormente se procede a la asignación de propiedades de los perfiles a nuestra estructura, esto se hace desplegando la galería de perfiles que los programas traen precargadas y seleccionamos el manual para que este despliegue todos los perfiles metálicos, y de esa manera se cargan y guardan los perfiles metálicos que se utilizaran en nuestro proyecto.
- 6.- La siguiente rutina es donde le asignamos las condiciones de carga para la estructura en consideración, determinamos los estados de carga muerta, carga viva, carga viva instantánea, cargas móviles, cargas de sismo o viento.
- 7.- Con los estados de carga, se procede a la generación de combinaciones conforme a reglamento y normas complementarias.
- 8.- De ahí se procederá al diseño de los elementos estructurales, nuestro diseño se realizara con el código AISC-LRFD, claro esta que se deben conocer todos los parámetros de diseño estructural, así como los códigos y normas vigentes para el diseño de puentes.

⁴¹ <http://justthegame.tripod.com/engineering2008colcover.jpg>

⁴² <http://www.bjcks.com/images/v11.jpg>





9.- Se verificarán que todos los perfiles cumplan tanto en esfuerzos como deformaciones, y así poder tener el perfil idóneo que se utilizara en la fabricación del puente.

10.- Una vez que el perfil está revisado y cumple con todos los parámetros, se procede al detallado de los perfiles generando, planos estructurales.

11.- Continuando con el proceso de fabricación de la estructura metálica, una vez que los planos de taller son revisados por el estructurista y poder proceder a la construcción del puente.

Resumen Unidad 9

ADMINISTRACION Y COSTOS DE OBRA DE FERROCARRIL.

En lo que corresponde a la Administración y Costos de Obra debemos considerar todos los factores que intervengan dentro de la construcción del ferrocarril.

Para lo cual contamos con un catálogo de conceptos, que será de gran utilidad para manejar de mejor manera la administración y el costo de nuestra obra.

Como inicio veremos que para poder cuantificar y llevar un control debemos realizar un programa y calendario de obra tenemos que tener una clara idea del procedimiento constructivo de una vía de ferrocarril mediante un catálogo de conceptos y de igual manera cuanto nos genera económicamente este proyecto y así poder analizar si es rentable o no su construcción y para esto podemos ayudarnos de los capítulos anteriores.

Ya que con esto podremos llevar a nuestra obra al éxito, dado que nuestra administración será muy eficiente y por lo tanto nos causará menos problemas.

Conocemos que para conjuntar los pasos constructivos y en un orden, los colocaremos un Catálogo de conceptos.

Que este a su vez nos lleve de la mano para obtener nuestros costos de una obra de ferrocarril. Y sin duda una de las mejores Herramientas para poder realizar esta unidad será Neodata 2006, mediante este Software aplicaremos nuestros datos para un mejor resultado.

Para nuestro caso en particular tendremos los siguientes conceptos:

Como podemos apreciar los conceptos identificados los agrupamos en partidas, esto con la intención de que sean de fácil utilización

Partida A

- Despalme de 0.5 a 0.10 cm de espesor.
- Excavación en cortes de material aprovechable.



- Compactación del terreno natural al 90%.
- Formación y compactación del terraplén al 90%.



<http://images.google.com.mx/images?um=1&hl=es&cr=countryMX&q=despalme>

Partida B

- Distribución y Colocación de riel.
- Suministro, transporte, descarga y distribución del balasto.





Partida C

- Reubicación de postes de CFE.

Una vez realizado nuestro catálogo de conceptos procederemos a elaborar nuestro calendario de obra y posteriormente nuestro programa de obra, para así llegar a la determinación de la ruta crítica la cual será la línea que seguiremos para poder efectuar la obra de la manera mas eficiente

Resumen Unidad 10

PROGRAMACION DE OBRA DE FERROCARRILES

En la administración y en control de obra civil, deberán adecuarse la respectiva sistematización para los procedimientos administrativos, es decir debemos convertir los principios básicos en soluciones sistematizadas que puedan adecuarse a solucionar problemas específicos.

En este capítulo se analizara y elaborara el presupuesto de la construcción de la línea ferroviaria que va del Aeropuerto Internacional de Cancún al centro urbano de la misma, ubicado en el estado de Quintana Roo. Este tramo comprende del kilometro 0+000 al 1+000. Con ayuda del software de ingeniería civil, se obtendrá la programación y los costos de nuestro proyecto, esto facilitara y reducirá el tiempo de desarrollo para presupuestar nuestra obra civil

Antes de utilizar el programa de precios unitarios se deberá de conocer las actividades que se realizaran para la ejecución de la vía férrea, de esta manera se planeara y se elaborara el catalogo de conceptos para ingresar las matrices de precios unitarios de cada una de las partidas. Para iniciar el análisis, se determinaron las siguientes partidas de construcción.





1. PRELIMINARES
2. TERRACERIAS
3. SUBESTRUCTURA
4. ESTRUCTURA

De las cuales se desglosan de la siguiente forma.

1. PRELIMINARES

- 1.2 Trazo y nivelación con equipo topográfico
- 1.2 Despalme de material seco, clase I, en capas de 20.00 cm



<http://images.google.com.mx/images?um=1&hl=es&cr=countryMX&q=despalme>

2. TERRACERIAS

- 2.1 Formación del cuerpo de terraplén

3. SUPERESTRUCTURA

- 3.1 Suministro y colocación de balasto





Xochimilco D.F. tren ligero



Xochimilco D.F. tren ligero

4. ESTRUCTURA

- 4.1 Suministro y colocación de durmientes de madera
- 4.2 Suministro y colocación de ancla para riel de 112 Lbs/Yd
- 4.3 Suministro y colocación de riel tipo 112-RE
- 4.4 Suministro y colocación de accesorios y señalamientos





Xochimilco D.F. tren ligero



Xochimilco D.F. tren ligero

