

**TOPOGRAFÍA APLICADA EN EL CONTROL DE OBRA CIVIL Y
EN LA COLOCACIÓN DE MAQUINARIA INDUSTRIAL.**

T E S I S
Para obtener el título de:
INGENIERO TOPOGRAFO Y FOTOGRAMETRISTA
P r e s e n t a :
Humberto Ramiro Hernández Cruz

MEXICO, D.F.

2011



“Mira todo lo que puedas, hijo Mixtli. Tu puedes ver esta maravilla y muchas otras más de una vez, pero siempre y por siempre habrá sólo una primera vez.”
Azteca, Gary Jennings.

“No te acobardes, aunque te estés muriendo y tus viseras estén de fuera ¡levántate!, aun si tienes que cargarlas en tus manos ¡levántate!”
† C. Teófila Rodríguez Juárez

A mis padres y hermanos: Con todo cariño y amor para ustedes que siempre han estado conmigo, que la raza antigua de dioses del espacio y tiempo santifiquen y bendigan a nuestra familia.

Por siempre ¡GRACIAS!

SR. Ramiro Hernández Hernández

SRA: María Teresa Cruz Rodríguez

Lic. Jesús Alberto Hernández Cruz, Chuchin

Lic. Nohemí Laura Hernández Cruz, Mimi

A mis queridísimos abuelos: Cuatro extraordinarios ejemplos de vida, el mejor tesoro que me han dado ustedes ah sido sus sabias palabras y sus nobles experiencias.

A mis amados Tíos y Primos: En este pequeño paso nunca han dejado de alentarme y apoyarme.

A mis amigos y compañeros: Con cada aventura una nueva experiencia, ¡ah pero que buenos momentos hemos pasado! ¡Y los que faltan!

A mi querido Santa María Tocatlán: Este humilde pueblo ejidal me abrazo como hogar, me siento orgulloso formar parte de su gente y de su cultura.

A mis todos mis profesores: Desde el preescolar hasta los Ingenieros de la ESIA Ticomán, mi más grande respeto para cada uno de ustedes.

A ESIYPSA: Gracias por la gran oportunidad, confianza y tolerancia que depositaron en mí.

TOPOGRAFIA APLICADA EN EL CONTROL DE OBRA CIVIL Y EN LA COLOCACION DE MAQUINARIA INDUSTRIAL

Contenido

Resumen

Abstract

1. ANTECEDENTES

1.1. Generalidades	1
1.2. Objetivo	2
1.3. Marco teórico	2
1.3.1. Metodología	3

2. TOPOGRAFIA EN OBRAS

2.1. Generalidades	5
2.2. Análisis preliminar y programación	6
2.3. Sistema de referencia	9
2.3.1. Sistema de referencia general	10
2.3.2. Sistema de referencia local	14
2.4. Instrumentos	16
2.4.1. Nivel topográfico	16
2.4.2. Aparatos de medición angular	21
2.5. Colocación de líneas base	24
2.6. Anteproyecto de la planta SIDERTUL	27
2.6.1. Metodología	27
2.6.1.1. Posicionamiento satelital	27
2.6.1.1.1. Alcances	27
2.6.1.1.2. Normas técnicas	27
2.6.1.1.3. Objetivos	28
2.6.1.1.4. Descripción general del procedimiento	28
2.6.1.1.5. Reporte del post proceso de la información	29
2.6.1.1.6. Coordenadas geodésicas angulares	33
2.6.1.1.7. Coordenadas cartográficas de la información	33
2.6.1.1.8. Transformación de coordenadas UTM a planas	34
2.6.1.2. Levantamiento topográfico general	35
2.6.1.2.1. Poligonales de apoyo	35
2.6.1.2.2. Levantamiento Topográfico	38
2.6.1.2.3. Levantamiento de obras hidráulicas inducidas	38
2.6.1.3. Nivelación diferencial	38
2.7. Áreas de trabajo	39
2.8. Replanteo del proyecto.	40
2.8.1. Mantenimiento de la maquinaria denominada "ROBOT"	40
2.8.2. Construcción en la zona de laminación	44
2.8.3. Colocación de nueva maquinaria	51

3. SEGURIDAD INDUSTRIAL EN LA PLANTA SIDERURGICA	
3.1. Generalidades	56
3.2. Importancia de la seguridad industrial	57
3.3. Reglamentos	57
3.4. Control de riesgo	58
3.5. Siniestros	59
3.6. Control y evaluación de accidentes	61
3.6.1. Causa de accidentes	61
3.6.2. Cadena de accidentes	62
3.6.3. Clasificación de los accidentes	63
3.6.4. Consecuencia de los accidentes	63
3.6.5. Prevención de los accidentes	63
3.7. Equipos de protección personal	64
4. CONCLUSIONES	65
GLOSARIO	67
5. ANEXOS	70

RESUMEN

El desarrollo de la tecnología ha ido otorgando una serie de poderosas herramientas, apoyando el desarrollo de obras de ingeniería. Producto de ello se han debido readecuar algunos procesos Topográficos, siendo ésta una disciplina mas en el montaje de maquinaria especializada de las naves industriales, elaboración de estudios y la construcción de proyectos de gran envergadura.

El rol fundamental de la topografía dentro de un sistema constructivo y de ensamble consiste en la marcación y posicionamiento correcto de los elementos que dependen de un proyecto. Como este trabajo se desarrolló durante la construcción de las obras y el montaje de maquinaria nueva en el complejo Siderúrgico, se dan a conocer los distintos controles a realizar en dichas obras

En función de esto, el orden de este trabajo fue el siguiente:

ANTEPROYECTO

PROYECTO EJECUTIVO

REPLANTEO

Finalmente se presenta un apartado relativo a la Seguridad Industrial, siendo éste un tema cada vez más presente en las actividades de la construcción toda vez que cualquier proyecto en el cual interactúe el ser humano con maquinaria estará afectado a la ocurrencia de incidentes de distinto grado.

ABSTRACT

The development of technology has been giving a series of powerful tools, supporting the development of civil engineering. The results of this have had to readjust some topographical processes, and this is a discipline more in the assembly of specialized machinery for making industrial buildings, design and construction of large projects.

The fundamental role of topography within a construction and assembly is dialing and correct positioning of the elements that depend on a project. Since this work was developed during the construction works and installation of new machinery in the steel complex, are released through the controls to be performed in such works

On this basis, the order of this work was:

DRAFT

PROJECT EXECUTIVE

LAYOUT

Finally, a section on Industrial Safety, this being an issue increasingly present in the construction activities because any project in which humans interact with machines is concerned with the occurrence of incidents of varying degrees.

1.1 GENERALIDADES

El control de la obra civil es un tema extenso donde la aplicación de la topografía es fundamental.

Una manera precisa de llevar a cabo el control de una obra civil, es por medio de los métodos topográficos.

*“Se entiende por **método topográfico** a las distintas técnicas que se utilizan en la toma de medidas distanciométricas y angulares, así como al tratamiento de estos datos, para la realización de un trabajo topográfico, tanto por lo que concierne a la planimetría como a su altimetría.” (Manuel Checa Pozos, José Herraiz Boquera, José Luis Berne Valero, 1996).*

Los métodos topográficos a utilizar en una obra, se emplean según convenga el caso, esto es por el criterio individual de cada ingeniero a cargo.

Los tiempos en los cuales la industria desarrolla maquinaria y utensilios en la ingeniería son más competitivos, lo cual exige productos más complejos y de mayor calidad. La Topografía, se ha vuelto una herramienta poderosa que se adecua a dichas exigencias, a la cual se le denomina **Metrología Industrial** (López Jiménez, 2000).

La topografía en el montaje y control de maquinaria especializada, es una actividad que a diferencia del control de una obra civil, lleva a cabo tareas de minucioso cuidado, que cambian la percepción de una obra en un montaje.

La metrología se diferencia de la topografía clásica en el uso de aparatos que brindan mayor precisión, en la metodología con la que se trabaja y el tiempo de empleo del trabajo.

El diseño, trazo y control de una planta con maquinaria especializada depende mucho del espacio, distribución de áreas de trabajo, tipos de equipo etc.

Para el montaje y afinación de maquinaria industrial, se cuenta con un grupo determinado de trabajadores, esto hace que la relación entre ellos se enfoque a este cometido y se obtenga un resultado de una manera sincronizada.

1.2 Objetivo

Este trabajo tiene el propósito, de describir el proceso del control de la obra civil y el montaje de maquinaria industrial especializada en una planta siderúrgica. En el cual se describen las actividades en materia de topografía y la metodología empleada para llevarlas a cabo.

1.3 Marco Teórico

Obra civil es toda aquella construcción que se enfoca al mantenimiento, a la distribución y para el bienestar social.

Los levantamientos topográficos y los métodos de procesos de control de obra, difieren de lo que existe en los libros y de lo que se visualiza en campo. Muchos de los métodos de medición indicados se basan en las condiciones del campo, sin embargo existen ciertos límites y tolerancias para el desarrollo de las actividades, tales como el tiempo directo de obra y el tipo de trabajo.

El control topográfico de obra se divide en dos ramas muy importantes

Planimetría: Parte de la topografía que estudia el conjunto de métodos y procedimientos que tienden a conseguir la representación a escala de todos los detalles interesantes del terreno sobre una superficie plana, o sea, que prescinde de su relieve.

Altimetría (también llamada **hipsometría**): Es la parte de la Topografía que estudia el conjunto de métodos y procedimientos para determinar y representar la altura, de cada uno de los puntos, respecto de un plano de referencia.

En el desarrollo de un control de una obra industrial, uno de los factores más importantes que se debe determinar es aquel que se refiere al ensamble de maquinaria pesada, su localización, su nivelación y su reubicación. El control de levantamientos industriales o metrología industrial permite a las industrias crear sus productos de mayor calidad.

Siendo la seguridad industrial un imprescindible dentro de los procesos de cualquier obra, que ha de tener como finalidad evitar o reducir las pérdidas incidentales y por lo

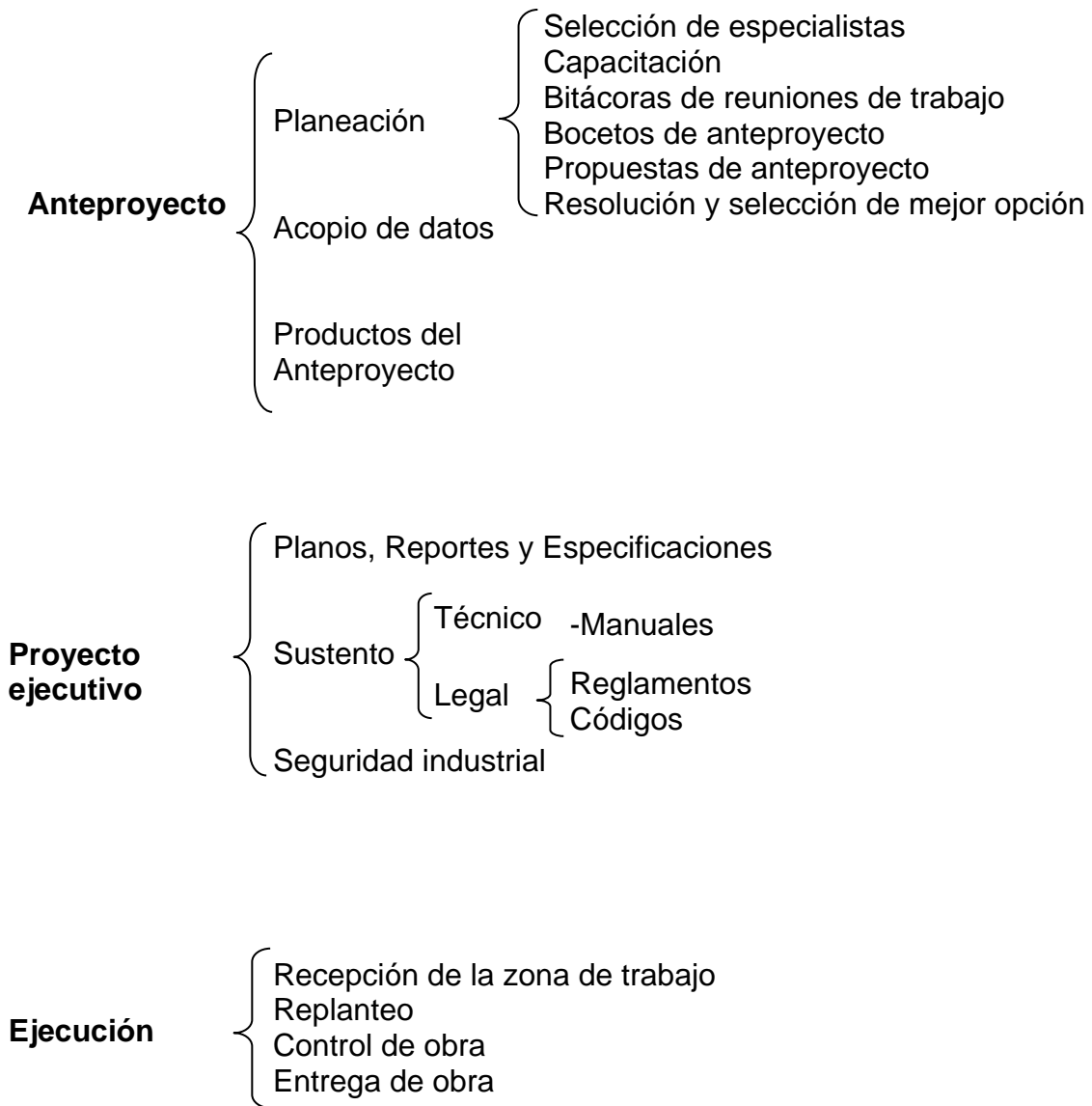
tanto, mantener la continuidad y marcha de las operaciones de la fábrica, fomentando la seguridad entre sus trabajadores y el cuidado del medio ambiente, adoptando oportunamente las conductas y medidas para controlar los riesgos presentes en el desarrollo de las actividades laborales.

Siempre el trabajo en colaboración, oportuno y sistemático de todos los trabajadores, permitirá obtener como resultado una empresa con mayor competitividad, lo que traducirá en un aumento de la productividad, mayor y mejor calidad en sus servicios y óptimos estándares de seguridad para su personal y quienes los rodean.

La Prevención no puede ser concebida para aumentar las ganancias, sino para disminuir las pérdidas. En este sentido la misión de cualquier trabajador debe apuntar a detectar y reconocer los riesgos presentes en las áreas de trabajo previo al inicio de las actividades, así como corregir o adoptar las medidas correctivas tendientes a aminorar y controlar los riesgos.

1.3.1. Metodología.

Los **Procesos técnicos de trabajo** se dividen en:



I anteproyecto Incluye los datos preliminares para su análisis con los cuales se sustentan las acciones por realizar.

El proyecto es el fundamento escrito de las instrucciones técnicas, que parten con una idea general y programa todas las acciones a realizar en una obra, tomando en consideración el tiempo, los recursos económicos y la forma de elaboración.

Existen diferentes tipos de proyectos, en una obra podremos encontrar tres: Construcción, Reconstrucción y Remodelación.

La elaboración de un proyecto parte del cuestionamiento de las preguntas frecuentes: ¿Qué?, ¿Por qué?, ¿Quién?, ¿Con qué?, ¿Cómo?, ¿Cuándo? y ¿Dónde?

La ejecución de un proyecto, es la culminación de un proceso técnico que materializa los datos, y se efectúa aplicando metodologías y, además, haciendo innovaciones.

2.- TOPOGRAFIA EN OBRAS

2.1.- GENERALIDADES

Una obra civil es todo aquél proyecto de interés general destinado para el uso público, sin importar la procedencia de los recursos que lo administren. Las obras civiles abarcan, inclusive, aquellos proyectos utilizados con fines militares, que indirectamente brindan un servicio a la población, tal es el caso de puentes, carreteras, edificaciones que a la larga se convirtieron en escuelas, etc. La magnitud de las obras civiles y su calidad, representan el grado de civilización y desarrollo de un país. Por ello una obra civil involucra muchos factores para su realización; y su culminación incidirá de manera negativa o positiva para los que dependan de ella.

Al inicio de una obra, la actividad de campo parte, regularmente, desde la topografía, pues el trazo y nivelación de la obra por construir es materia del ingeniero topógrafo; en los aspectos de: levantamientos generales, medición de hundimientos de la zona, en el plomeo de muros y de cualquier elemento vertical, en la determinación del tope de colado de concreto para un castillo o de un elemento horizontal, etc.

Es primordial para la construcción de una obra civil la intervención de la topografía, ya que las técnicas utilizadas por un ingeniero topógrafo son una necesidad para ejecutarla de manera segura.

2.1 ANALISIS PRELIMINAR Y PROGRAMACION DEL PROYECTO

Un **Proyecto**, es un conjunto de tareas organizadas para cumplir un objetivo, sin embargo, para una obra, es un conjunto de planos, normas y especificaciones, a las que debe sujetarse para cumplir objetivos.

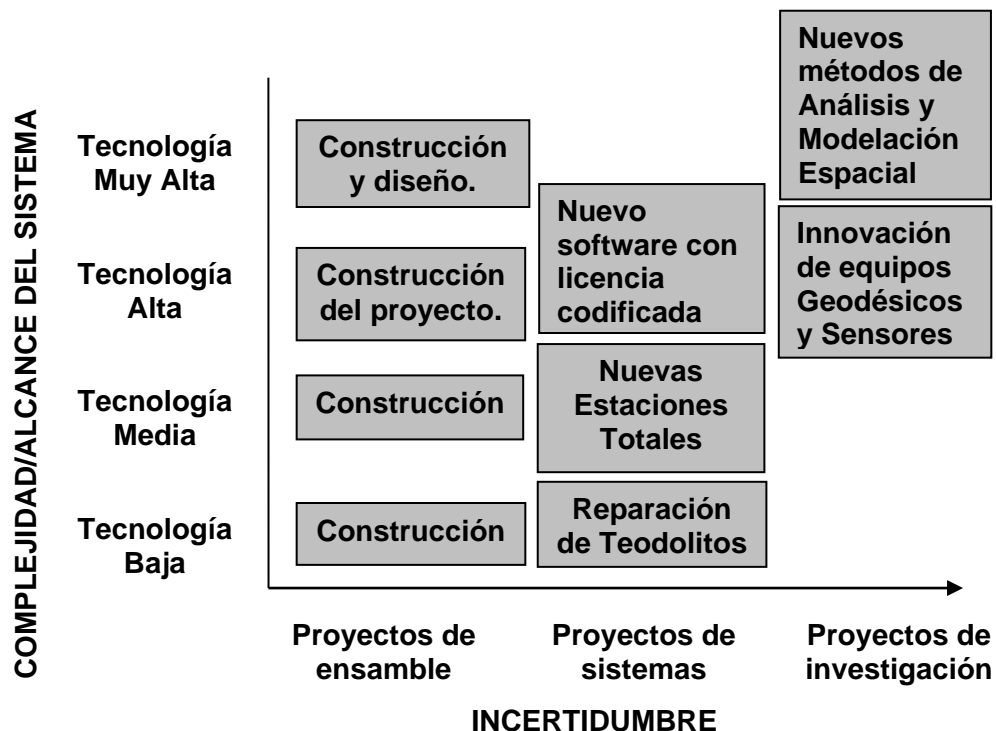


Ilustración 1. Grado de incertidumbre con respecto a la complejidad de los proyectos

Como se visualizan los proyectos de construcción, aunque suelen tener una baja complejidad, su elaboración y sus alcances suelen variar desde muy bajos hasta muy altos, es por ello que algunos proyectos llegan a ser de gran magnitud.

El periodo de duración de un proyecto, comprende:

- **La selección**
- **Análisis y planeación**
- **Programación y control.**
- **Terminación y entrega.**

Para visualizarlo imaginemos una grafica donde los parámetros a determinar son los recursos en contra del tiempo.

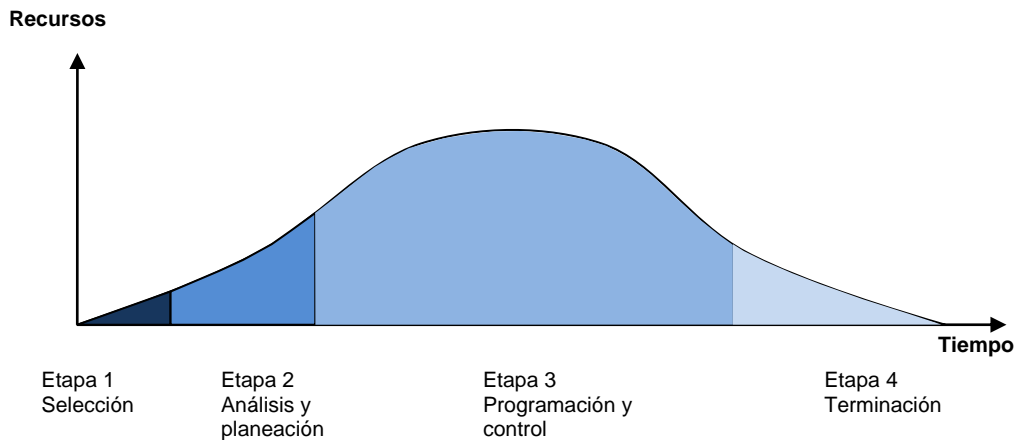


Ilustración 2. Periodo de generación del proyecto

La selección del proyecto, surge desde la necesidad o el problema que se presenta en cierto lugar o en un fenómeno. Ya sea desde una iniciativa privada o por parte pública.

El Análisis y planeación de una obra, son aquellas que parten del **Conocimiento del tipo de trabajo**, el **Tamaño o espacio donde se realizará el proyecto**, el **Tiempo estimado de entrega**, **los Recursos y los Requerimientos especiales**. Siendo así una forma fácil de elaborar preguntas fundamentales y considerar el programa técnico a ejecutar, en forma de presupuesto.

El **Presupuesto** aunque es creado a partir del análisis, es una programación de actividades a las cuales se les agrega un valor monetario promedio a un tiempo determinado, estos deben cumplir las funciones que se esperan en un proyecto y por lo

tanto, es indispensable basarlo en determinadas condiciones que necesariamente deben observarse en su estructuración.¹ Sus objetivos son:

1. La organización adecuada, precisa y funcional de la entidad
2. Coordinación de trabajos que lleven al mismo objetivo.
3. Comparación de los resultados con las estimaciones.
4. Ayuda a la solución de problemas, toma de decisiones y visión en una obra.

Su elaboración se basa principalmente en las estimaciones que el contratista planea para la realización de un proyecto y a las que la empresa realiza para su ejecución, siendo la comparación entre ellas la que determinara su aprobación.

Las características que un presupuesto debe cumplir son:

1. **Formulación.** Esta debe plantear y adaptarse a las finalidades del proyecto y ser encaminadas hacia un objetivo claramente definido.
2. **Presentación.** Es la adecuación a las normas contables y económicas tales como el periodo-mercado, oferta - demanda y ciclo económico.
3. **Aplicación.** Llevada a cabo bajo elasticidad y criterios amplios que soporten las fluctuaciones del mercado y la presión a la que se ven sometidas las empresas, ya sea por falta de pagos, por pérdidas monetarios y por la competencia entre las empresa, lo cual obliga a la elaboración de cambios en el mismo sentido en que varíen las ventas, la producción, las necesidades del ciclo económico, etc.

La **Programación** es la aplicación temporal de los alcances, los recursos, el material, las técnicas, el equipo, las metodologías y la obtención de productos en la obra. Siendo la dependencia a cargo del proyecto la que realiza aquélla, a fin de calcular la duración de un proyecto, asegurándose de entregar la información necesaria.

Los procesos para la programación de un plan de obra son:

- Conocer el problema
- Fijar el objetivo

¹ Administración de Empresas Constructoras.- Juan Carlos Yee Galván.- Seminario en Escuela Superior de Ingeniería Y Arquitectura.- 1988.

- Bosquejar el plan de acción
- Formular la lista de actividades del plan de acción.
- Determinar las secuencias de las actividades
- Asignar los recursos a cada actividad
- Seleccionar la técnica optima para cada acción
- Ajustar el plan
- Formular documentos de control.

La elaboración de un programa se desarrolla por diversos métodos que en la historia han revolucionado y facilitado la ejecución de los proyectos, tales son los casos como:

1. Experiencia e intuición.
2. Taylor.
3. Diagrama de Gantt.
4. Ruta critica.
5. Programa de evaluación y técnicas de revisión (PERT por sus siglas en inglés).
6. Combinación entre estadísticas y ruta critica.

El control es el medio por el cual se evalúa la ejecución de las actividades, y se comparan con las planeadas, a fin de detectar errores en el desarrollo de una obra y corregirlos en el momento adecuado, estas actividades se clasifican en:

Técnicas	{	Costos.	Administrativas	{	Documentos de obra.
		Tiempo.			Juntas.
		Calidad.			Oficios.

La culminación de un proyecto es difícil de detectar, ya que la constante innovación hace que los proyectos inclusive posteriores al plazo de entrega requieren determinadas actividades para completar su función.

2.3 SISTEMA DE REFERENCIA

Los trabajos de ingeniería parten desde el concepto de la localización, siendo las referencias una manera de conocerla.

Un **Sistema de referencia** se define como un conjunto de puntos o marcas con un origen determinado, que son usados para determinar dimensiones con respecto a él.

Muchas de las grandes civilizaciones de Mesoamérica ya orientaban sus construcciones tomando en cuenta los puntos cardinales o algún astro, para conocer la temporada en la que se siembra o se cosechan los alimentos, de tal manera que hoy en día nos sorprenden por su precisión.

Actualmente las referencias para una obra, se localizan mediante un sistema rectangular de coordenadas, siendo este el sistema de referencia en el que trabajaremos dentro de un proyecto industrial y, por otra parte, llevar su control.

2.3.1 Sistema de Referencia General

Los Sistemas de Referencia General se apoyan en una base de dos puntos, cuyas coordenadas son obtenidas mediante posicionamientos con el Sistema de Posicionamiento Global (GPS por sus siglas en inglés). Los datos que brinda un receptor GPS son coordenadas geodésicas ϕ , λ , h , que posteriormente se procesan para obtener coordenadas cartográficas X ; Y ; Z .²

El GPS en sus principios fue creado por el Departamento de Defensa de EE. UU. Parte del Sistema es espacial, que consta de los satélites de la constelación NAVigation System Timing and Ranging (NAVSTAR por sus siglas en inglés) con 11 satélites en su inicio, a través de un sistema de control maestro, localizado en Colorado, Springs y 5 estaciones repartidas en todo el mundo. En la actualidad la constelación cuenta con 24 satélites.

El control maestro supervisa y controla continuamente el sistema satelital, así como determinar el tiempo de los relojes del GPS; predice las efemérides satelitales y el comportamiento de los osciladores en los satélites para actualizar periódicamente la información de navegación para cada uno.

Aunque el control maestro envía a los satélites las efemérides de su posición, la realidad es que en el espacio sus movimientos no llegan a ser exactos a los predichos,

² Introducción al Sistema GPS (Sistema de Posicionamiento Global). Leica Geosystems AG, Heerbrugg, Suiza, 1999.

a causa de múltiples razones, por ello, el conocimiento de los vectores de posición y velocidad de los satélites se llegan a conocer como:

- **Efemérides Predichas** (modelos matemáticos)
- **Efemérides Precisas** (calculadas por las estaciones de control)

Las primeras suelen ser modelos matemáticos, calculados por las estaciones de control maestro, por medio del rastreo de las señales emitidas de los satélites (en un lapso de 7 días), los cuales describen el movimiento futuro de estos y son enviadas desde la tierra.

La **efemérides de precisión** son determinadas por el International GPS Service (IGS por sus siglas en ingles) distribuidas por todo el mundo. La IGS monitorea los satélites y recolecta datos de los satélites, y el procesamiento en sus centros de análisis, que es independiente, presentados en la página de Internet de la IGS 17 horas después de su cálculo. La combinación de ellos se presenta 24 horas del Tiempo Universal Combinado (UTC por sus siglas en ingles).

Los equipos receptores constan de una antena, capacidad para procesamiento de señales y almacenamiento de datos. Con la señal recibida desde los satélites se obtiene la información en código, que facilita su cálculo con base en el procesamiento de señales de los diferentes satélites captados. La señal debe provenir como mínimo de 4 satélites y sus datos se calculan por el firmware interno, que procesa estadística y probabilísticamente la información.

La ejecución de un levantamiento por GPS se lleva a cabo por varios métodos, dependiendo su precisión y se dividen en:

- **Navegación Autónoma**, con una precisión de 100 hasta 15 metros para usuarios civiles y de 15 a 5 metros para usuarios militares.
- **Posicionamiento Diferencial Corregido**, con una precisión de 5 a 2 metros, utilizado para navegación en vehículos y medios de transporte.
- **Posicionamiento Diferencial de Fase**, con precisiones de 5 a 0.5 cm, utilizado en levantamientos topográficos.

Posicionamiento diferencial de fase, se llama así, por la técnica empleada mediante la corrección de coordenadas con un mínimo de dos aparatos, los cuales cuentan con una fase portadora que permite leer el **código de adquisición gruesa** y el **código preciso** del satélite a la vez. Las técnicas de medición por medio del posicionamiento diferencial de fase son:

- Estático
- Estático rápido
- Cinemático
- Cinemático en Tiempo Real (RTK por sus siglas en inglés)

El levantamiento con GPS, se hace mediante la puesta de los receptores en los puntos por posicionar, obteniendo las diferenciales de las efemérides de los satélites con respecto a la estación de Referencia de la Red Geodésica Nacional Activa.

Para México la **RED GEODÉSICA NACIONAL ACTIVA (RGNA)** mantiene establecidas 15 estaciones, que registran datos a intervalos de 15 segundos las 24 horas del día. Servida por el código de doble frecuencia transmitida por la constelación NAVSTAR, la cual presta su servicio al Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) y este ofrece la información en su página de internet www.inegi.org.mx/.

La RGNA brinda su servicio a todos los sectores que trabajen en actividades de información geográfica, reduciendo el costo para la elaboración de los trabajos que dependan de ella.

LOCALIZACIÓN	Nombre de la estación	Latitud Norte (° ' ")	Latitud Oeste (° ' ")	Altura Elipsoidal	Altura vertical de la antena
Campeche, Camp.	CAM2	19 50 39.93767	90 32 24.58870	12.191	0.134
Chetumal, QR.	CHET	18 29 42.99542	88 17 57.20162	3.013	0.143
Chihuahua, Chih.	CHI 3	28 39 43.89732	106 05 12.25225	1413.185	0.234
Colima, Col.	COL 2	19 14 40.00225	103 42 06.77207	528.840	0.160
Culiacán, Sin.	CULI	24 47 54.79178	107 23 02.18514	75.450	0.136
Hermosillo, Son.	HER 2	29 05 33.17336	110 19 09.63570	186.959	0.135
Aguascalientes, Ags.	INEG	20 58 48.16279	89 37 13.13418	1888.316	0.135
La Paz, BCS	LPAZ	24 08 19.66904	110 19 09.63570	-7.215	0.135
Mérida, Yuc.	MERI	20 58 48.16279	89 37 13.13418	7.912	0.135
Mexicali, BC.	MEXI	32 37 58.76806	115.28 32.51529	-22.421	0.137
Monterrey, NL.	MTY 2	25 42 55.82609	100 18 46.45205	521.781	0.141

Oaxaca, Oax.	OAX 2	17 04 42.02155	96 43 00.25760	1607.142	0.185
Tampico, Tams.	TAMP	22 16 41.95723	97 51 50.48937	21.107	0.186
Toluca, EM.	TOL 2	19 17 35.64431	99 38 36.49337	2651.725	0.148
Villahermosa, Tab.	VIL 2	17 59 25.47706	92 55 51.94738	27.720	0.124

La siguiente tabla se muestran los lugares en los que se encuentran los vértices y coordenadas de la Red Geodésica Nacional Activa.

Tabla 1. Coordenadas geocéntricas de la red de estaciones fijas. (con valores referidos al ITRF92, época 1988.0 y elipsoide GRS80)

Red Geodésica Nacional Activa



Figura 1. Distribución de los puntos de la Red Geodésica Nacional Activa y su cobertura.

La **RED GEODÉSICA NACIONAL PASIVA** es un conjunto de puntos geográficos localizados en el territorio mexicano, establecidos mediante una placa en la cual se han hecho mediciones, para determinar su posición y altura geográfica en el sistema de referencia que intercomunica a cada uno de ellos.

En la siguiente imagen se muestra la distribución de la triangulación geodésica en los cuales se encuentran los puntos de la RGNP

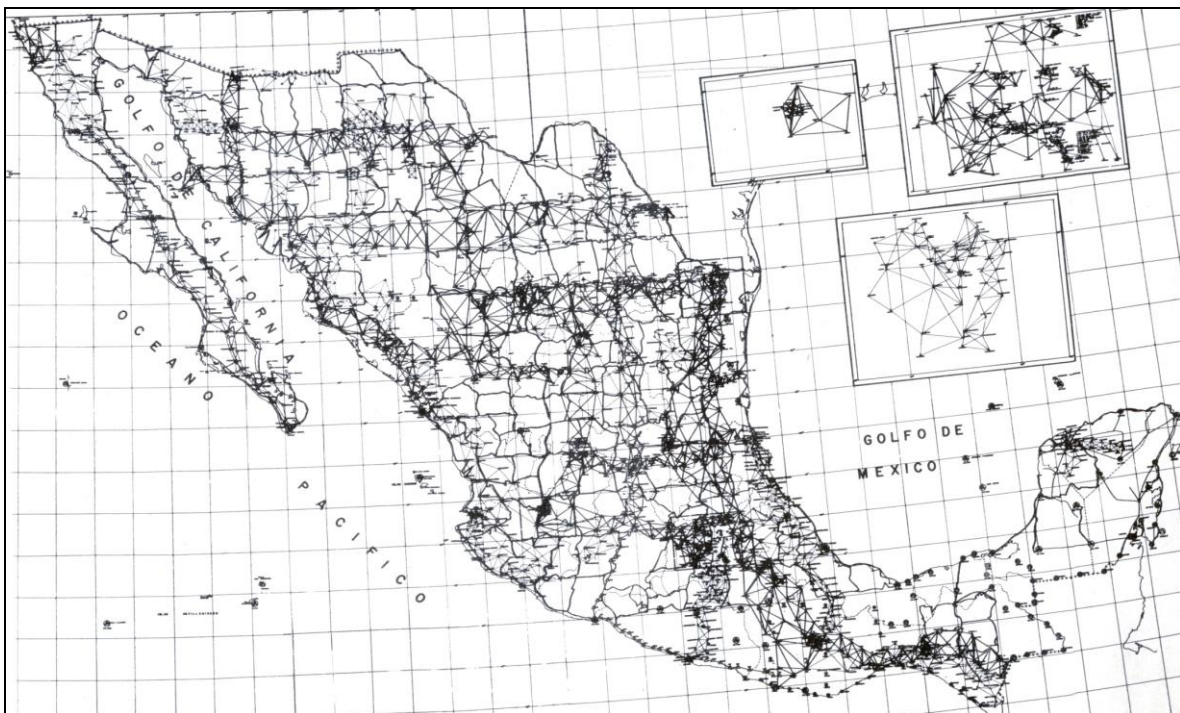


Figura 2. Triangulación de la red geodésica nacional pasiva en la república mexicana

2.3.2 Sistema de referencia local

En el desarrollo de los trabajos de una obra, se establece un sistema de referencia local (arbitrario) de coordenadas, considerando una línea base norte-sur. La referencia altimétrica se maneja de tal forma que permita el manejo de datos que faciliten su cálculo. Se trabaja con la misma **dimensionalidad** a la que el proyecto maneje.

El uso de coordenadas locales presenta ventajas al trabajar con la dirección norte-sur y este-oeste, para lo cual es más simple orientar y dar referencia sobre la ubicación de cualquier punto en la obra. Trabajar con cifras más pequeñas hace más expedito el proceso de cálculo y el control, disminuyendo la posibilidad de cometer errores de origen humano.

Cuando tenemos en nuestro sistema de coordenadas números como:

456,725 E 2'178,936 N 2,123 en Z

Convencionalmente se usan los últimos tres datos para facilitar sus operaciones.

Suponemos que tenemos que hacer una medición, desde el origen considerado; en la cual calculamos las coordenadas de algún punto, y las proyecciones resultan ser:

$$+23.431 \text{ de X} \quad +43.456 \text{ de Y} \quad +1.23 \text{ de Z en elevación}$$

Entonces al realizar la operación con las últimas cifras, correspondientes a metros, resulta:

$$725+23.431= 748.431 \quad 936+43.456= 979.456 \quad 123.0+1.23=124.23$$

Y así las ocuparemos en los cálculos. Según sea el tamaño de la obra, se toman las cifras significativas de las coordenadas, con la finalidad de que no ocupemos coordenadas negativas.

Esto es muy parecido al sistema de retícula utilizado por los militares para definir áreas grandes. Que a diferencia de este sistema utiliza las primeras cifras dependiendo la precisión.

En este caso con las mismas cifras

$$456,725.00E \quad 2'178,936.00N$$

En las cuales $X=567$, $Y= 789$, se utilizan para obtener una coordenada con precisión de 100 metros. Entre más precisa se necesite una coordenada de cuadrícula, es necesario no discriminar los números enteros antes del punto decimal y en caso contrario se disminuirán las cifras con las cuales representaran el dato.

456725 con precisión de miles de metros

456725 con precisión de cientos de metros

456725 con precisión de decenas de metros

456725 con precisión de unidades de metros

456725.0 con precisión sub métrica (a decímetros)

2.4 INSTRUMENTOS TOPOGRAFICOS.

Para desempeñar un trabajo preciso en el control de obra y en el montaje de maquinaria, se requiere de aparatos de medición en las mejores condiciones posibles.

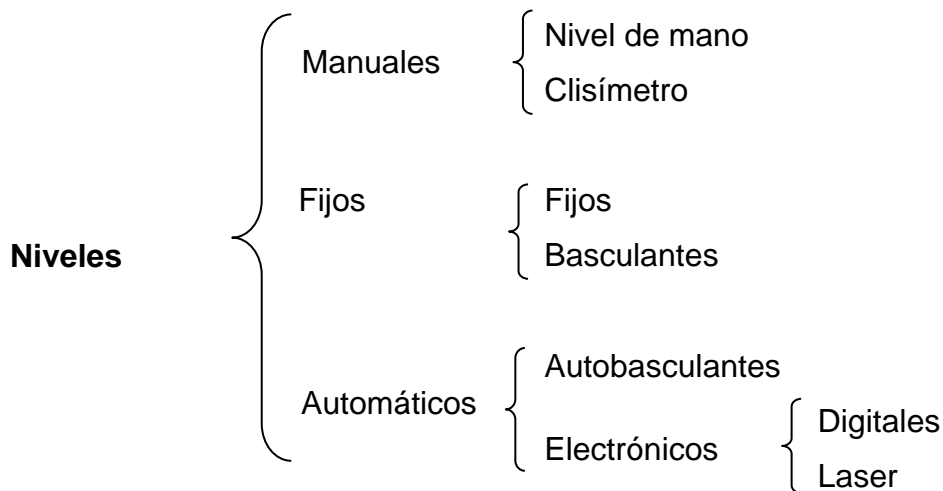
El uso del instrumental topográfico es fundamental en el control de una obra, la elección del mismo depende directamente del tipo de trabajo. El conocimiento del sistema interno del equipo por utilizar es fundamental para hacer su ajuste, en el momento adecuado.

2.4.1 NIVEL TOPOGRAFICO

Un nivel se puede definir como:

“Un instrumento tal que las visuales que por él se dirijan, estando estacionado, sean obligadamente horizontales.” (Francisco Domínguez García-Tejero, 1984)

Podremos indicar que para un trabajo de control de obra se utilizan niveles de anteojo el cual se dividen en manuales, fijos y automáticos.



.Cuadro 1. Los niveles señalados son aquellos requeridos por su precisión y su manipulación

Un **Nivel fijo** (basculante) y un **Nivel automático** (auto basculante), requieren un proceso de comprobación básico, y su ajuste es simple.

Estos niveles deben cumplir la condición del paralelismo de la línea horizontal (línea de colimación) al nivel tubular.

La comprobación se realiza con la toma de lecturas a dos estadales colocados a una distancia de 50 metros. Estacionando el aparato a la mitad de ellos, se procede a tomar el desnivel que existe entre los estadales.

Después se nivela el aparato a no más de 3 metros de distancia de cualquiera de los dos estadales, de preferencia en el que se tomó la primera lectura y se toma el desnivel.

La condición algebraica que cumple se define como:

$$L_1 - L_2 + (E_1 - E_2) = \text{desnivel 1} \quad \text{porque, por geometría: } E_1 = E_2$$

Donde L_1 y L_2 son las mediciones a los estadales, cuya diferencia es el desnivel entre los puntos 1 y 2; y E_1 y E_2 son los errores debidos a la No horizontalidad de la visual.

Entonces, para la medición cercana a uno de los estadales:

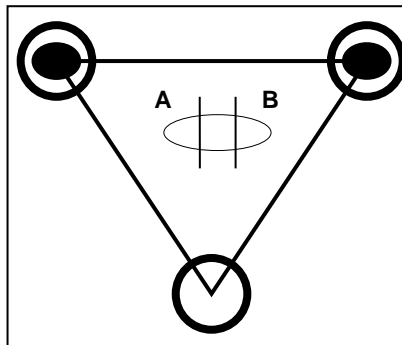
$$L'_1 - L'_2 + (E'_1 - E'_2) = \text{desnivel 2} + E'_1 - E'_2$$

$$\text{Porque } E'_1 - E'_2 = \text{Desnivel 1} - \text{Desnivel 2} = ET$$

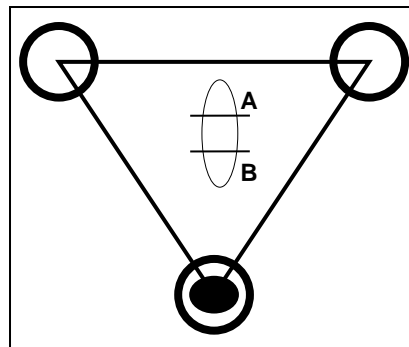
$$E'_1 \rightarrow 0$$

La corrección del “nivel tubular” o “tórico” se inicia con la nivelación del aparato, tal como lo describen las imágenes.

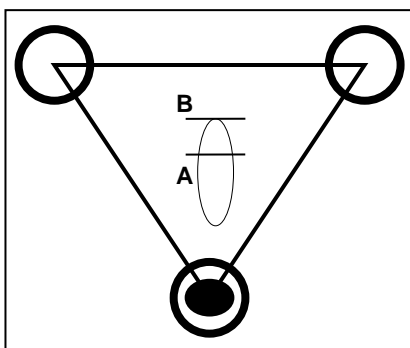
1.- Se nivela el aparato con el “nivel tubular” en dirección paralela de dos tornillos niveladores señalados



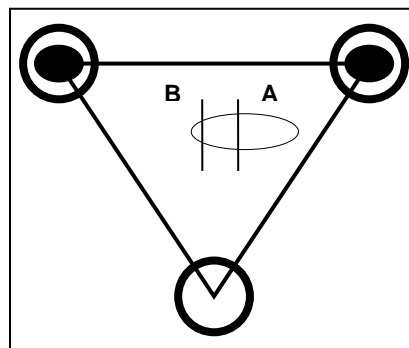
2.- Se gira noventa grados y se ajusta con el tornillo señalado por el eje longitudinal del “nivel tubular”; se realiza el procedimiento 1 y 2 hasta que quede nivelado el aparato en estos dos sentidos.



3.- Giramos 180 grados y se percibe el error total del instrumento, su corrección se lleva a cabo girando el tornillo de ajuste para desplazar la mitad del error del a burbuja y la otra mitad con el tornillo nivelador.



4.- Se gira el aparato a 180 grado de la posición de arranque, y se ajusta la mitad del error restante con los tornillos niveladores, para finalizar colocando el nivel en su posición de arranque, en el que no hay error considerable.



La revisión y el ajuste terminan cuando se realizan los pasos anteriores y la burbuja no se mueve del centro del nivel “tubular” o “tórico”.

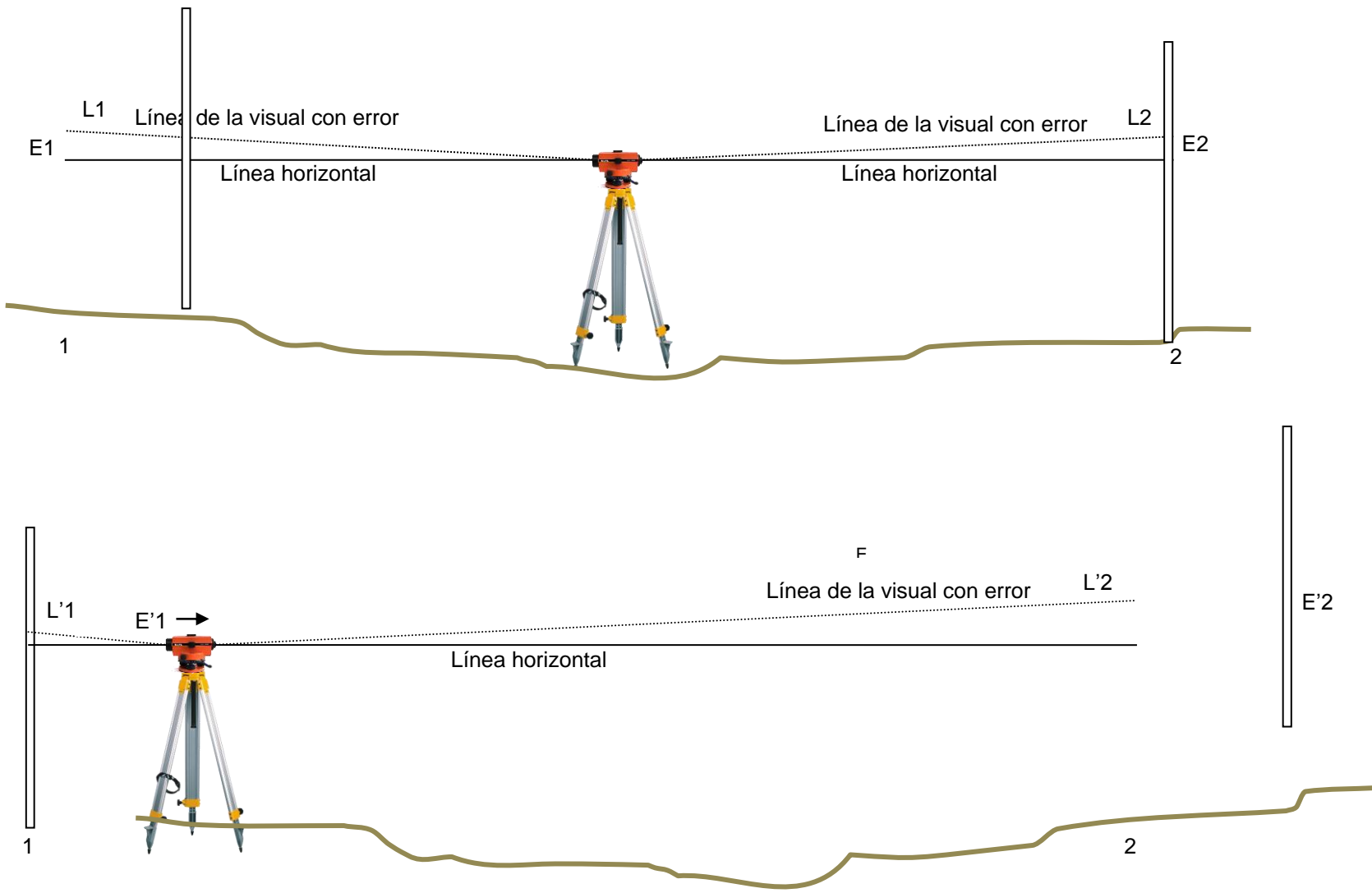


Ilustración 3. Muestra el procedimiento de la toma de lectura y el esquema de los errores

La corrección de la línea horizontal del instrumento por causa del error de colimación, se realiza ajustando la posición del hilo horizontal por medio de los tornillos de ajuste, que regularmente son de cabeza de “calavera” y que están alojados en la tapa que protege el ocular del aparato. El ajuste se hace llevando la lectura de la mira lejana con el ajuste de L'2-ET.

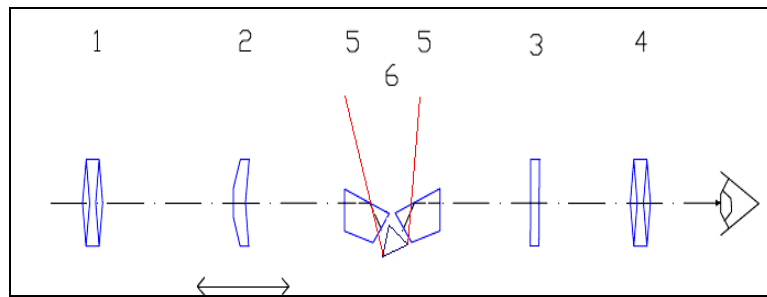


Figura 3. Muestra el sistema utilizado por niveles basculantes en el que el prisma debe ser nivelado.

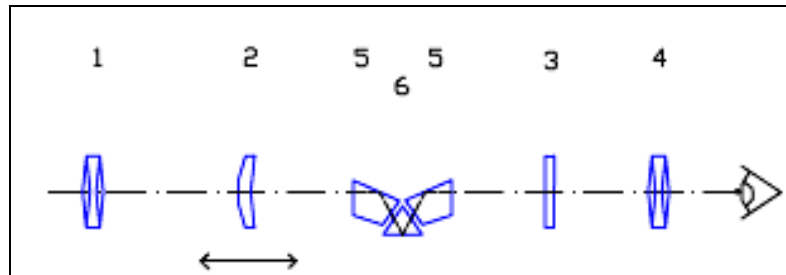


Figura 4. Sistema utilizado por los niveles automáticos en el que el prisma se encuentra nivelado todo el tiempo a través de un sistema de péndulo amortiguado con magnetos.

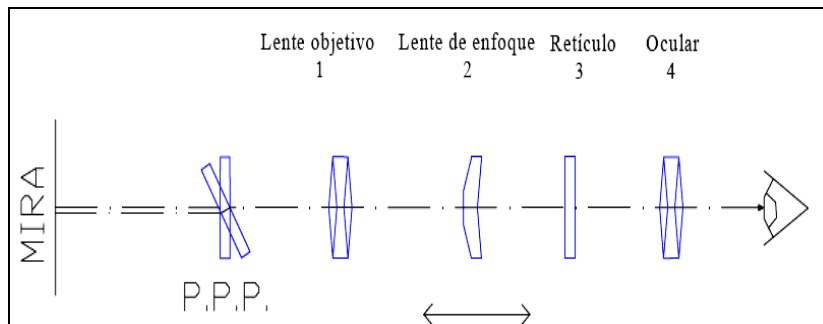


Figura 5. Se aprecia la mecánica del movimiento del lente de un nivel con placa plano paralela.

2.4.2. APARATOS DE MEDICIÓN ANGULAR

Los **goniómetros**, como se les conoce a los aparatos de medición angular, son clasificados por su construcción:

Óptico-Mecánicos (Automáticos y basculantes)	{ Con micrómetro de coincidencia Con micrómetro de escala Con micrómetro de lectura diametralmente opuesta
Electrónicos	{ Opto-mecánicos Ópticos
Estaciones totales	{ Instrumento que almacena datos de mediciones angulares y de distancias, con opciones que facilitan el trabajo en levantamientos y trazos.

Cuadro 2. Clasificación de los aparatos de medición angular.

Los goniómetros pueden desajustarse por diversos motivos como pueden ser:

- Falta de cuidado al manejarlo
- Su transportación
- Cambios de condiciones de trabajo (temperatura, presión, etc.).

Aunque la mayoría de los desajustes suelen presentarse por accidentes, se comprueban ciertas condiciones de corrección y se observa en qué grado presentan su error, con base en las siguientes condicionantes.

1. El círculo horizontal (LL') debe ser perpendicular al eje acimutal (VV').
2. El hilo vertical de colimación (HH') de la retícula debe estar contenido en un plano perpendicular al eje de alturas (ZZ').
3. El eje de alturas (ZZ') debe ser perpendicular al eje acimutal.

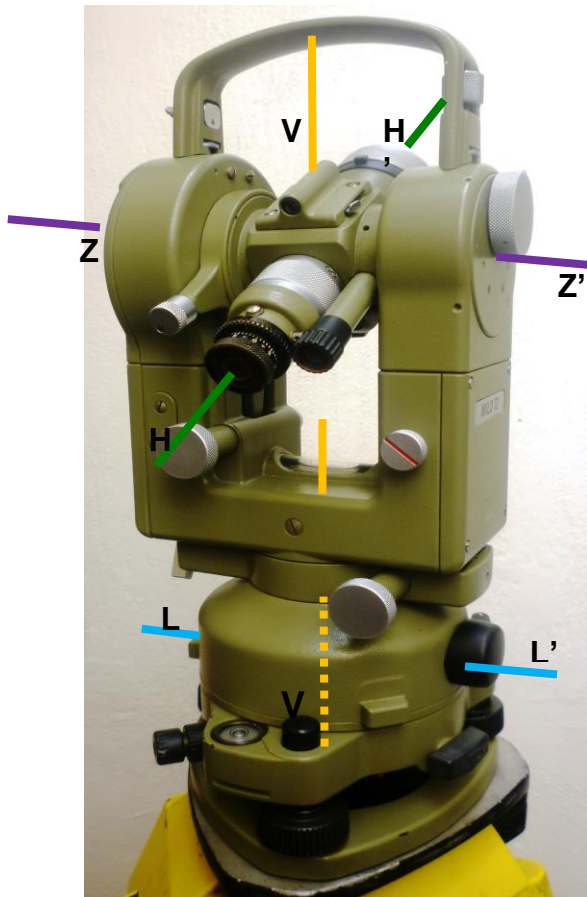


Figura 6. Muestra la disposición geométrica de los ejes de un aparato. Donde Z es el Eje de alturas, H la Línea de Colimación (telescopio), V es el Eje acimutal, L el Círculo Horizontal.

Círculo Horizontal (L) perpendicular al eje acimutal (V):

El equipo por construcción permite la perpendicularidad entre la Alidada horizontal y el Eje acimutal; sin embargo, el nivel es independiente. Su ajuste debe hacerlo paralelo al plano horizontal que contiene la alidada, y así cumplir la condición.

El ajuste se hace mediante la nivelación del Teodolito con la burbuja del nivel tubular, paralela a dos de los tornillos niveladores, o

línea imaginaria en caso de ser un nivel de esfera. Giramos 90° en dirección del tornillo al que no realizó ningún movimiento y se nivela la burbuja; se repite la operación en los dos sentidos hasta no tener desplazamiento de la burbuja con el centro del tubo. Se gira el aparato 180 grados y por consiguiente se observa el desplazamiento de la burbuja, el cual será el error total. Ajustamos el desplazamiento con el tornillo de ajuste del nivel de burbuja hasta corregirlo la mitad del error, la otra mitad se ajusta con los tornillos niveladores; después se gira el telescopio a fin de quedar a 90° de la dirección de arranque y se corrige el error con el tornillo nivelador y se finaliza comprobando la horizontalidad en todas las posiciones angulares horizontales del aparato.

Hilo vertical de la retícula debe estar contenido en un plano perpendicular al eje de alturas (Z):

Tomando como punto de partida la nivelación y la corrección de la primera condición, el siguiente paso es hacer que el hilo ver

tical esté perpendicular al Eje de alturas.

El Hilo vertical debe encontrarse en el mismo alineamiento con una plomada suspendida y en reposo, a una distancia considerable, pero que compruebe la totalidad del hilo vertical de la retícula. Su ajuste se realizará con los cuatro tornillos de calibración (de “calavera”) que se encuentran junto al ocular del telescopio.

Si visamos un punto “A” lejano, aproximadamente a 100 metros de distancia del teodolito y por medio de vuelta al horizonte colocamos un punto “B” con la misma distancia en dirección opuesta; al girar 180° y visamos nuevamente el punto “A”, dando nueva vuelta al horizonte, la condición de colinealidad entre “A”, el teodolito y “B” se cumplirá, sólo si el hilo vertical indica un punto “C” en el mismo que el “B”, sin embargo, de no ser así se mide la distancia entre los puntos “C” y “B”, y a una cuarta parte de ésta se coloca un punto (tomando como referencia el inicio de la medida en “C” y se ajusta el hilo vertical la retícula con los tornillos de calibración hasta coincidir con el punto indicado.

Perpendicularidad del eje de alturas con respecto al eje acimutal:

Nivelado nuestro Teodolito, se marca un punto en una pared a una altura determinada, con el fin de visar un punto alto “A”. Se realiza un giro a fin de definir un punto bajo “B”, el cual debe ser situado ya sea en el piso y alejado del punto “A”. Se hace vuelta al horizonte y se visa nuevamente el punto “A”, revisando que la línea baja esté en el punto “B”, de no ser así, se coloca un punto “C” y el ajuste de la línea estará a la mitad de estos dos; entonces se realiza el ajuste (en los Tránsitos) con los tornillos del cojinete que soporta el eje del alturas del telescopio, hasta que la visual quede sobre el punto central “D” y que corresponda con el punto A.

En los Teodolitos este ajuste debe llevarse a cabo en el taller, pues tiene que desarmarse la tapa de los soportes para hacer el ajuste referido.

Estaciones Totales:

Las Estaciones Totales deben cumplir con las mismas condiciones que un Goniómetro óptico-mecánico, en los aspectos de la nivelación de burbujas circulares y tóricas; además de la revisión de Líneas de colimación y eje de alturas; Todas las Estaciones

Totales controlan sus desplazamientos máximos internos, y para eso, el uso del manual técnico es imprescindible para comprobar y calibrar los aparatos.

Las Estaciones Totales suelen cambiar su calibrado dependiendo del tiempo en que se encuentren expuestos al clima, por ello la supervisión constante de estos aparatos garantiza su funcionalidad.

Los datos técnicos proporcionan al operador los parámetros y alcances de cada Estación Total, y con base en ello podemos verificar el calibrado de nuestro aparato.

Notas:

- Llevar a cabo el ajuste de los equipos, debe hacerse siempre en lugares cómodos y en reiteradas veces, ya que los movimientos del aparato ocasionan errores en la toma de lecturas.
- Es claro que las correcciones se llevan a cabo tal cual están enumeradas y es un proceso que corrige errores futuros. Ya que las condiciones están ligadas entre si después de efectuar las correcciones.

2.5 COLOCACIÓN DE LINEAS BASE.

En la elaboración de un trabajo, habrá que considerar muy detalladamente el tipo de referencias para el apoyo topográfico, ya que esto implica considerar el tiempo de ejecución, el sistema de referencia por usar y la precisión requerida en las mediciones.

Establecer un trabajo dentro de una zona específica, requiere en primera cuenta el reconocimiento de ella, además de los puntos de referencia que servirán para el replanteo de un proyecto en la zona.

La **precisión** en el control topográfico de una obra, está determinada por las exigencias planteadas en la elaboración del proyecto y la serie de trabajos ejecutadas durante ella.

Sundakov define en su libro: TRABAJOS GEODÉSICOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS INDUSTRIALES Y ALTOS EDIFICIOS, las precisiones y tolerancias por aplicar en los distintos tipos de obra.

En la siguiente tabla se resumen los tipos de trabajo, precisiones y tolerancias:

Tipos de trabajo	Error limite lineal	Error medio angular	Tolerancia en alturas
Movimiento de tierras	1:2000	1'	1 cm
Trabajos de construcción	1:3000 a 1:5000	20"	5 mm
Montaje de estructuras prefabricadas.	1:5000 a 1:10000	8"	2 mm
Montaje de equipo y mecanismos.	Determinado por las especificaciones del equipo	Determinado por las especificaciones del equipo	Determinado por las especificaciones del equipo

Tabla 2. En esta tabla se muestran los tipos de trabajos junto con sus formas de trabajo según Sundakov.

Incluso, manifiesta cuatro esquemas de proyección y materialización de ejes de construcción; argumentando que son los más usuales, pero no únicos.

Las líneas base de una obra, son utilizadas para determinar, la distribución lógica del origen de la obra en un sistema coordenado rectangular.

La dirección de los ejes principales de una obra se adoptan como dirección inicial de referencia; asimismo, las coordenadas de las construcciones en el área edificable llevan como referencia los ejes básicos de su construcción a partir de un sistema rectangular de coordenadas, lo cual facilita el traslado del proyecto al terreno.

Por facilidad, se colocan las referencias con respecto a las prolongaciones de cada eje sobre los linderos de la obra, siendo esto lo más recomendable, y se consigue ubicar por medio de los puntos resultantes entre la intersección de los Ejes transversales con el perímetro de la obra, obteniendo sus coordenadas a través de los planos arquitectónicos y estructurales de **Ejes de Construcción** de la obra.

Los **trazos** se sitúan de acuerdo con el plano general de obra, en los lugares más seguros y estratégicos, para no entorpecer u obstaculizar el transcurso de la misma.

La **referenciación** de los ejes de obra en muros o cimientos de edificios vecinos ayuda a evitar la pérdida de los ejes de trazo. **La calidad del trabajo topográfico asegura la calidad de la obra, y la fácil localización de las referencias proporcionan rapidez a nuestra labor.** Es por ello que cada punto de referencia, deberá quedar indicado en un croquis especial, guardado en la libreta de campo, en el cual se anota: punto de apoyo, dimensiones y materiales con el que está representado, sin embargo, con los puntos que establecen el sistema de referencia general, facilita el replanteo de los puntos con una Estación Total.

2.6. ANTEPROYECTO DE LA PLANTA SIDERTUL

Para la generación del anteproyecto se solicitaron, dentro de la etapa del acopio de datos:

1. Posicionamiento de dos puntos de referencia (base de poligonal de apoyo) por medio del sistema de posicionamiento global (GPS)
2. Levantamiento general de la planta siderúrgica, en el cual, se levantaron los perímetros exteriores de las edificaciones especiales dentro de la planta.
3. Ubicación de referencias de nivel para medición de hundimientos de la nave de laminación.

2.6.1. METODOLOGIA

2.6.1.1. POSICIONAMIENTO SATELITAL

2.6.1.1.1. ALCANCES

El posicionamiento satelital de puntos sobre la superficie terrestre es la forma de Georreferenciar los vértices de una poligonal de un sitio, con la finalidad de plasmarlos en un mapa, carta o plano con coordenadas geodésicas.

En las diferentes instancias de administración gubernamental, se ha visto la necesidad de contar con las debidas referencias de los proyectos y propiedades; de allí que se exija la posición geográfica o geodésica de los predios para incorporarlos a los Sistemas de Información Geográfica de administración catastral, en vías de utilización multifuncional y multifinalitaria. Por lo que el alcance principal es: que todos los levantamientos y proyectos se incorporen al Sistema de Referencia Coordinado U.T.M. (Universal Transversa de Mercator), con el fin de graficar los levantamientos y proyectos en cartas o mapas.

2.6.1.1.2. NORMAS TÉCNICAS

- Normas Técnicas para Levantamientos Geodésicos (*Diario Oficial de la Federación, 01 de abril de 1985/ Reformas del 27 de abril de 1998*).

- Norma Técnica NTG - 001 - 200_Sistema Geodésico Nacional. (*Publicación técnica del Sistema Nacional Estadístico y de Información Geográfica SNEIG, Elaborada por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática/ 18 de septiembre de 2006/ corregidas el 21 de enero de 2008*).

2.6.1.1.3. OBJETIVOS

- Obtener el Posicionamiento Satelital de Puntos de una Base de la poligonal de apoyo, para propagar coordenadas U. T. M. (Universal Transversa de Mercator), a los levantamientos y Proyectos que se realicen en la Planta Siderúrgica, Tultitlán.
- Incorporar al Sistema de Referencia Geodésico transformado a plano (topográfico), los diferentes levantamientos topográficos y proyectos que se realicen en la Planta Siderúrgica, Tultitlán.
- Aplicar procedimientos de Ingeniería y metodología en equipo y cálculo, acordes a lo establecido en las normas arriba mencionadas; cumpliendo con los requisitos de calidad, operación y seguridad para el buen desempeño de los trabajos requeridos.

2.6.1.1.4. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCEDIMIENTO

El procedimiento utilizado es el más exacto para determinar la posición de los vértices posicionados. El cual consiste en el Método Estático Diferencial, con cálculo de coordenadas por medio de post proceso.

Con el método Estático Diferencial se obtienen las mediciones simultáneas de los puntos; estableciendo los receptores por un tiempo mínimo de medición de 30 minutos en cada estación. Una vez obtenidos los datos, que se guardan en la memoria de los equipos en tarjetas PCMCIA, se transfiere la información a la computadora, para su cálculo por medio del programa de trabajo Leica Geo Office Combined.

El proceso de ajuste diferencial, se lleva a cabo con la obtención de las efemérides satelitales; las cuales se obtienen directamente de la página del INEGI (instituto

Nacional de Estadística, Geografía e Informática) a través de archivos de ajuste RINEX para combinarse en el programa de post proceso.

Una vez obtenidas las coordenadas angulares geodésicas ajustadas, se obtienen las coordenadas UTM; las cuales se procesarán para transformarlas a coordenadas topográficas o planas; que servirán para desarrollar el trabajo del levantamiento topográfico para generar los diferentes proyectos en la planta Siderúrgica, Tultitlán.

2.6.1.1.5. REPORTE DEL POST PROCESO DE LA INFORMACIÓN

RESULTADOS DE LA LÍNEA BASE

Project name:	SIDERTUL
Date created:	06/24/2009 02:24:25
Time zone:	-6h 00'
Manager:	ESIYPSA
Client:	Siderurgica Tultitlán
Coordinate system name:	UTM-ZONA-14
Application software:	LEICA Geo Office 5.0
Processing kernel:	PSI-Pro 2.0
Processed:	06/24/2009 02:32:30
Project name:	SIDERTUL

En la siguiente tabla, se lleva el proceso de la información desde la Estación de Referencia Toluca (TOL2), para obtener los ajustes diferenciales de los puntos ST2 y ST3 de la poligonal de apoyo trazada dentro de la Planta Siderúrgica, Tultitlán.

Point Information

Reference: TOL2 Rover: ST2

Receiver type / S/N:	TRIMBLE5700 / 0220294753	SR530 / 136876
Antenna type / S/N:	Zephyr Geodetic / 1235	AX1202 Tripod / -
Antenna height:	0.0947 m	1.0340 m
Initial coordinates:		
Latitude:	19° 17' 35.64431" N	19° 37' 56.45562" N
Longitude:	99° 38' 36.49337" W	99° 10' 39.10527" W
Ellip. Hgt:	2651.7250 m	2239.1242 m

Processing Parameters

Parameters	Selected	Used	Comment
Cut-off angle:	5°	5°	
Ephemeris type (GPS):	Broadcast	Broadcast	
Ephemeris type (GLONASS):	Broadcast	Broadcast	
Solution type:	Automatic	Phase: all fix	
GNSS type:	Automatic	GPS	
Frequency:	Automatic	Automatic	
Fix ambiguities up to:	80 km	80 km	
Min. duration for float solution (static):	5' 00"	5' 00"	
Sampling rate:	Use all	15	
Tropospheric model:	Hopfield	Hopfield	
Ionospheric model:	Automatic	Computed	
Use stochastic modelling:	Yes	Yes	

Min. distance: 8 km 8 km
 Ionospheric activity: Automatic Automatic

Satellite Selection

Manually disabled GPS satellites (PRNs): None
 Manually disabled GLONASS satellites (Slot Id): None

RESULTADOS DE LOS PUNTOS POSICIONADOS.

Los siguientes datos, corresponden a las coordenadas geodésicas angulares obtenidas con el ajuste diferencial a partir de la Estación de Referencia de Toluca, con los datos emitidos vía internet del INEGI.

Final Coordinates

Reference:TOL2 Rover:ST2

Coordinates:

Latitude: 19° 17' 35.64431" N 19° 37' 56.41832" N
 Longitude: 99° 38' 36.49337" W 99° 10' 39.10842" W
 Ellip. Hgt: 2651.7250 m 2241.1709 m

Solution type: Phase: all fix
 GNSS type: GPS
 Frequency: IonoFree (L3)
 Ambiguity: Yes

Quality: Sd. Lat: 0.0007 m Sd. Lon: 0.0010 m Sd. Hgt: 0.0023 m
 Posn. Qty: 0.0012 m Sd. Slope: 0.0010 m

Point Information

ST2 - ST3	Reference: ST2	Rover: ST3
Receiver type / S/N:	SR530 / 136876	SR530 / 1
Antenna type / S/N:	AX1202 Tripod / -	AT502 Tripod / -

Antenna height: 1.0340 m 1.2410 m

Coordinates:

Latitude: 19° 37' 56.41832" N 19° 37' 37.49016" N
Longitude: 99° 10' 39.10842" W 99° 10' 43.33727" W
Ellip. Hgt: 2241.1709 m 2241.7226 m

Solution type: Phase: all fix
GNSS type: GPS
Frequency: L1 and L2
Ambiguity: Yes
Time span: 06/23/2009 11:45:45 - 06/23/2009 12:15:55
Duration: 30' 10"

Quality: Sd. Lat: 0.0003 m Sd. Lon: 0.0004 m Sd. Hgt: 0.0009 m
Posn. Qlty: 0.0005 m Sd. Slope: 0.0004 m

Baseline vector: dLat: -0° 00' 18.92816" dLon: -0° 00' 04.22885" dHgt: 0.5517 m
Slope: 595.1481 m

DOPs (min-max): GDOP: 2.3 - 7.1
PDOP: 2.0 - 5.6 HDOP: 1.0 - 2.3 VDOP: 1.8 - 5.1

2.6.1.1.6. COORDENADAS GEODÉSICAS ANGULARES

Una vez hecho el ajuste, se obtuvieron las coordenadas Geodésicas angulares de los puntos ST2 y ST3, que se presentan en la imagen siguiente.

The screenshot shows the LEICA Geo Office interface with a table of geodetic coordinates. The table has the following columns: Point Id, Point Class, Date/Time, Coordinate Type, Latitude, Longitude, Ellip. Hgt., Ortho. Hgt., Posn. Qty, Hgt. Qty, and Posn. + Hgt. Qty. Three points are listed: ST2 (Reference), ST3 (Measured), and TOL2 (Reference).

Point Id	Point Class	Date/Time	Coordinate Type	Latitude	Longitude	Ellip. Hgt.	Ortho. Hgt.	Posn. Qty	Hgt. Qty	Posn. + Hgt. Qty
<input checked="" type="checkbox"/> ST2	Reference	06/23/2009 11:29:45	Geodetic	19° 37' 56.41832" N	99° 10' 39.10842" W	2241.1709	2246.0556	0.0012	0.0023	0.0026
<input checked="" type="checkbox"/> ST3	Measured	06/23/2009 11:45:45	Geodetic	19° 37' 37.49016" N	99° 10' 43.33727" W	2241.7226	2246.5882	0.0005	0.0009	0.0011
<input checked="" type="checkbox"/> TOL2	Reference	06/23/2009 09:59:45	Geodetic	19° 17' 35.64431" N	99° 38' 36.49337" W	2651.7250	2656.6495	0.0000	0.0000	0.0000

2.6.1.1.7. COORDENADAS CARTOGRÁFICAS DE LA INFORMACION

Desde las coordenadas Geodésicas angulares, se hace la transformación, para obtener las coordenadas de representación cartográfica en Proyección UTM (Universal Transversa de Mercator).

The screenshot shows the LEICA Geo Office interface with a table of UTM cartographic coordinates. The table has the following columns: Point Id, Point Class, Date/Time, Coord..., Easting, Northing, Ellip. Hgt., Ortho. Hgt., Posn. Qty, Hgt. Qty, and Posn. +... Three points are listed: ST2 (Reference), ST3 (Measured), and TOL2 (Reference).

Point Id	Point Class	Date/Time	Coord...	Easting	Northing	Ellip. Hgt.	Ortho. Hgt.	Posn. Qty	Hgt. Qty	Posn. +...
<input checked="" type="checkbox"/> ST2	Reference	06/23/2009 11:29:45	Grid	481386.6638	2170806.4025	2241.1709	2246.0556	0.0012	0.0023	0.0026
<input checked="" type="checkbox"/> ST3	Measured	06/23/2009 11:45:45	Grid	481262.8932	2170224.7225	2241.7226	2246.5882	0.0005	0.0009	0.0011
<input checked="" type="checkbox"/> TOL2	Reference	06/23/2009 09:59:45	Grid	432393.2094	2133399.1577	2651.7250	2656.6495	0.0000	0.0000	0.0000

2.6.1.1.8. TRANSFORMACIÓN DE COORDENADAS UTM A PLANAS

Para efecto de los levantamientos topográficos, se realiza el cálculo de transformación de coordenadas UTM a Coordenadas planas; esto se lleva a cabo tomando en consideración el Factor de Escala Combinado.

TRANSFORMACION DE COORDENADAS GEODESICAS A TOPOGRAFICAS										
ST2	481,386.6638	2,170,806.4025	BASE	UTM						
	COORDENADAS U T M			CALCULOS			PLANAS		DIFERENCIAS	
PUNTOS	X	Y	F.E. COMB.	DIST. UTM	AZIMUT	DIST. HORIZ.	X	Y	DX	DY
ST3	481,262.893	2,170,224.723	0.9992523	594.7023	0.2097	595.1472	481,262.8006	2,170,224.2873	0.0926	0.4352



Figura 7. Estación ST3 sobre guarnición de calle 2ª Sur, vista sur-norte



Figura 8. Estación ST3 sobre guarnición de calle 2ª Sur, vista norte-sur

2.6.1.2. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO GENERAL.

2.6.1.2.1. POLIGONALES DE APOYO.

Con la finalidad de proporcionar la localización exacta de todos y cada uno de los elementos existentes, por medio del levantamiento topográfico que se representó en los planos; se llevó a cabo el levantamiento con poligonales de apoyo; cuya línea de partida fueron los puntos ST-2 y ST-3 con coordenadas de proyección UTM (Universal Transversa de Mercator) obtenidas por medio de un posicionamiento satelital, con receptores geodésicos (de doble frecuencia), marca Leica, modelo SR530.

Las coordenadas geodésicas correspondientes, se transformaron a la proyección cartográfica Trasversa Universal de Mercator (UTM por sus siglas en inglés), que obtenidas para los vértices de la línea base son:

ST-2 (X=481,386.6638, Y=2'170,806.4025, Z=2,246.0556); y

ST-3 (X=481,262.8932, Y=2'170,224.7225, Z=2246.5882).

Estos son datos calculados sobre el elipsoide, a los que es necesario transformar al sistema ortogonal, para su utilización en el levantamiento Topográfico:

ST-2 (X=481,386.6638, Y=2'170,806.4025, Z=2,246.0556); y

ST-3 (X=481,262.8006, Y=2'170,224.2873, Z=2246.5882).

Mismas que se grabaron en la memoria de la Estación Total marca Leica, modelo TCR 703, equipo con el cual se llevó a cabo todo el levantamiento de detalle planimétrico y altimétrico (complementario) a la nivelación diferencial.

Las poligonales se propagaron por medio del método de medición angular por direcciones con series angulares y repetición de distancias, grabándose el valor promedio en la tarjeta electrónica de la Estación Total; para colocar en toda la zona de trabajo Diez (10) puntos de Poligonal Principal, Veinte (20) puntos de Poligonales Secundarias y, desde las anteriores 7225 (Siete Mil Doscientos Veinticinco) puntos radiados. El cierre de la poligonal principal cumplió con los requerimientos técnicos especificados en las bases: con precisiones lineales mayores a 1:35,000 y angulares menores de $3''\sqrt{n}$ de cierre angular.

En la siguiente tabla, se muestra el ajuste del polígono principal de Diez (10) vértices; desde el cual partieron las poligonales secundarias y los puntos auxiliares para generar el levantamiento topográfico. Como puede observarse, la precisión sobrepasó el valor de 1:35,000; y el error angular fue menor de veinte segundos.

<i>EST</i>	<i>PV</i>	<i>DISTANCIA</i>	<i>AZIMUT</i>	<i>COORDENADAS</i>		<i>VERT</i>
				<i>X</i>	<i>Y</i>	
AUX17	ST5	156.5642	101° 40' 24.10"	480,965.2990	2,170,263.9450	AUX17
ST5	ST3	144.3967	93° 10' 04.92"	481,118.6250	2,170,232.2670	ST5
ST3	AUX200	131.1419	15° 03' 52.83"	481,262.8010	2,170,224.2870	ST3
AUX200	AUX5	263.9633	9° 54' 21.44"	481,296.8860	2,170,350.9220	AUX00
AUX5	ST2	200.4255	12° 47' 22.03"	481,342.2960	2,170,610.9500	AUX5
ST2	AUX6	184.6968	279° 32' 27.40"	481,386.6640	2,170,806.4030	ST2
AUX6	ST10	160.2030	284° 30' 11.10"	481,204.5220	2,170,837.0170	AUX6
ST10	ST11	272.5539	186° 41' 05.09"	481,049.4240	2,170,877.1370	ST10
ST11	ST12	199.5750	189° 08' 43.92"	481,017.6970	2,170,606.4360	ST11
ST12	AUX17	146.9153	188° 05' 26.60"	480,985.9760	2,170,409.3980	ST12

PERIMETRO DE LA POLIGONAL	1860.466 metros
---------------------------	-----------------

E_y =0.0445	E_x =-0.0144
K_y =0.0000341	k_x =0.0000171
ET = <u>0.0467</u>	Precisión 1: <u>39805.28</u>

Tabla 3. Muestra los datos de los vértices de la poligonal de apoyo junto con su precisión

La poligonal principal, las poligonales secundarias y los puntos auxiliares, se plasman en la siguiente tabla de coordenadas:

CUADRO CONSTRUCTIVO DE PUNTOS DE POLIGONAL				
VÉRTICE	COORDENADAS			POLIGONAL
	X	Y	ELEVACIÓN	
ST3	481,262.8010	2,170,224.2870	2246.588	Principal
AUX200	481,296.8860	2,170,350.9220	2246.746	Principal
AUX5	481,342.2960	2,170,610.9500	2246.340	Principal
ST2	481,386.6640	2,170,806.4030	2246.026	Principal
AUX6	481,204.5220	2,170,837.0170	2246.151	Principal
ST10	481,049.4240	2,170,877.1370	2247.499	Principal
ST11	481,017.6970	2,170,606.4360	2247.354	Principal
ST12	480,985.9760	2,170,409.3980	2247.508	Principal
AUX17	480,965.2990	2,170,263.9450	2247.500	Principal
ST5	481,118.6250	2,170,232.2670	2247.485	Principal
AUX9	481,172.0990	2,170,622.2000	2246.256	Secundaria
AUX10	481,111.3440	2,170,367.7390	2246.780	Secundaria
AUX11	481,123.7570	2,170,429.0770	2246.436	Secundaria
AUX12	481,125.5730	2,170,369.4060	2246.701	Secundaria
AUX13	481,140.0740	2,170,388.0310	2246.263	Secundaria
AUX14	481,192.9120	2,170,390.5260	2246.367	Secundaria
AUX15	481,146.3300	2,170,420.5670	2246.343	Secundaria
AUX16	481,209.5420	2,170,402.7520	2246.345	Secundaria
AUX20	481,041.8000	2,170,372.7630	2246.904	Secundaria
AUX22	481,145.7050	2,170,610.5580	2246.156	Secundaria
AUX23	481,186.9930	2,170,815.0330	2245.837	Secundaria
AUX28	481,090.4060	2,170,820.0150	2246.228	Secundaria
AUX31	481,061.5590	2,170,714.8460	2246.349	Secundaria
AUX33	481,065.5690	2,170,486.0720	2246.292	Secundaria
AUX36	481,077.4940	2,170,602.7290	2246.262	Secundaria
AUX37	481,099.5820	2,170,714.8650	2246.074	Secundaria
ST6	481,080.6360	2,170,262.5010	2246.195	Secundaria
ST7	481,106.5880	2,170,368.9520	2246.789	Secundaria
ST8	481,001.7180	2,170,395.7020	2246.703	Secundaria
ST9	481,026.2800	2,170,538.8660	2246.343	Secundaria

Tabla 4. Puntos de poligonales primaria y secundarias

2.6.1.2.2. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Desde las poligonales Principal y Secundarias, se ubicaron puntos auxiliares de levantamiento y se radiaron los detalles correspondientes a: terreno natural, árboles, perímetro de construcciones, elementos artificiales: losas, banquetas, guarniciones, paramentos e instalaciones municipales, pozos de visita, etc.

El levantamiento fue grabado en la tarjeta electrónica de la Estación Total; haciéndose su transferencia a un archivo electrónico con formato DWG para su proceso de dibujo en la plataforma AutoCAD con el módulo de trabajo denominado CivilCAD.

Después, por medio de la unión de puntos se obtuvo el MDE (Modelo Digital del Elevación), con el que se generaron los planos de Levantamiento Topográfico e Instalaciones, integrándose con la gráfica de la planimetría y altimetría, representándose las curvas de nivel a cada 0.20 cm. Ver Anexo 5.1

2.6.1.2.3. LEVANTAMIENTO DE OBRAS HIDRÁULICAS E INDUCIDAS.

Con el Levantamiento de Instalaciones, se llevó a cabo el trabajo de plantilleo de los pozos de visita y registros de drenaje y agua potable, para genera el plano de **OBRAS HIDRAULICAS E INDUCIDAS**.

Este plano refiere las elevaciones de los brocales de los registros y de los pozos de visita, así como las profundidades de niveles de arrastre y plantillas y diámetros de tuberías de drenaje.

2.6.1.3. NIVELACIÓN DIFERENCIAL.

Desde el vértice de la poligonal principal denominado **ST-3** con coordenadas **(X=481,262.8006, Y=2'170,224.2873, Z=2,246.5882)**, se propagaron elevaciones con su coordenada Z, por medio de nivelación diferencial a doble altura de aparato, a todos y cada uno de los puntos de las poligonales Primarias, Secundarias y Puntos Auxiliares. Esta nivelación sirvió de referencia para ajustar el levantamiento altimétrico llevado a cabo con la Estación Total, pues a diferencia de las elevaciones obtenidas con el cálculo trigonométrico, la propagación de elevaciones con Nivel (automático marca

Leica, modelo NA2) alcanza precisiones con una desviación estándar $\sigma = \pm 0.7$ mm por nivelación, de ida y regreso en un kilómetro.

2.7 AREAS DE TRABAJO.

En una Obra Civil tal como en una Planta Industrial, existen zonas definidas de trabajo y trabajadores especializados en cada una de ellas. Existen áreas tales como: obra, oficinas, almacén, acceso de carros de carga, carga y descarga, excavaciones, etc. Las zonas de trabajo están en función de la obra.

Para la obra que nos concierne, en el complejo siderúrgico **SIDERTUL** que se encuentra ubicado en el municipio de Tultitlan, que es una empresa mexicana perteneciente al Grupo Gerdau y que se dedica a la fabricación y transformación de acero en Varilla Corrugada, Perfiles Comerciales, Soleras, Cuadrados, Redondos Lisos y Canales; se realizaron diversos trabajos de remodelación y construcción dentro de las instalaciones existentes, comprendiendo las zonas de:

- Laminación, Acería, Carga y descarga, Área de maniobras, Área de suministros y capacitación.

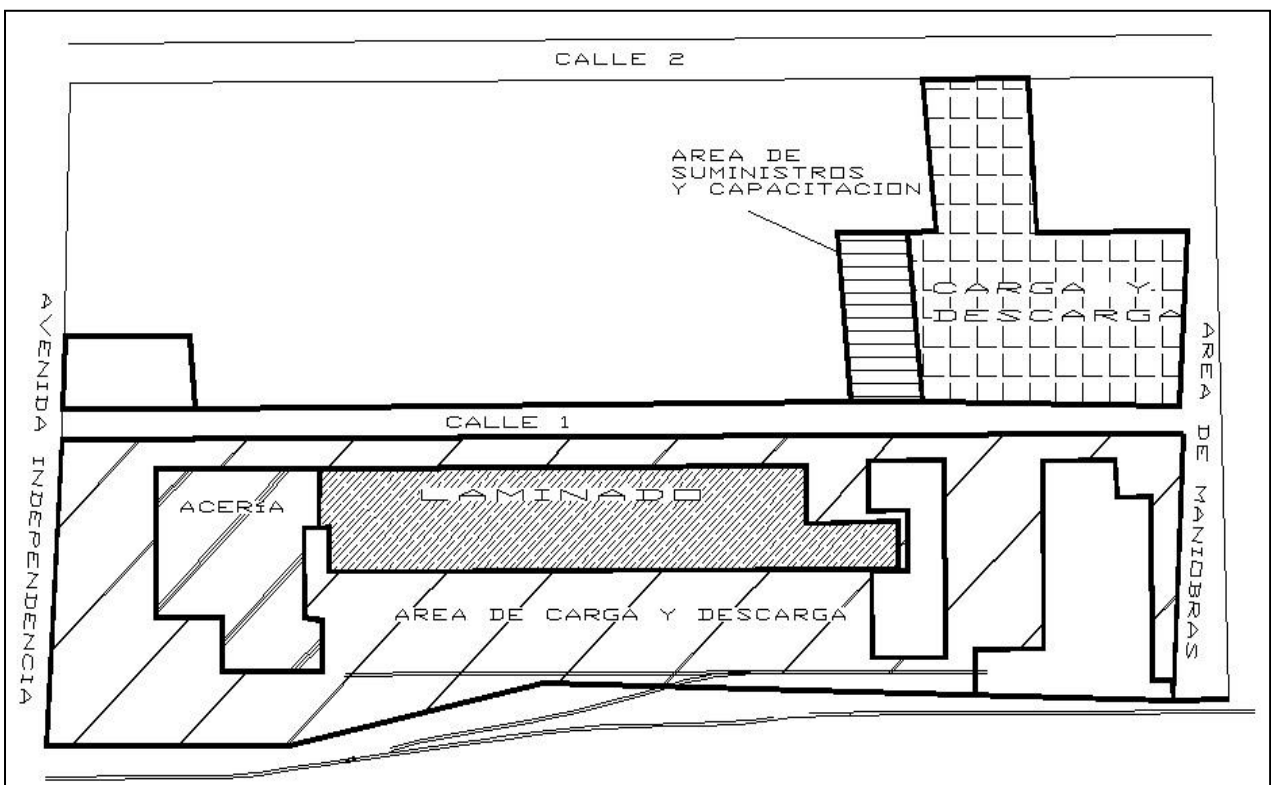


Figura 9. Muestra la distribución de las áreas de la planta siderúrgica

2.8 REPLANTEO DEL PROYECTO.

En la siguiente tabla se muestran los proyectos trabajados en la planta siderúrgica.

Proyecto	Características	Problema	Solución
2.8.1. Mantenimiento	Re nivelación del aparato denominado "Robot" en la zona de acería	Re nivelación a causa de desajustes debido al tiempo de uso.	Nivelación de precisión de rieles longitudinales.
2.8.2. Construcción	Construcción de soportes base de maquinaria en la zona de laminación	Demolición de soportes base anteriores y construcción de nuevos soportes base.	Replanteo de ejes de columnas y dados de proyecto, para la construcción de infraestructura.
2.8.3. Montaje	De maquinaria en zona de laminación y en la cámara de rodillos.	Colocación y nivelación de maquinaria	Apoyo topográfico para colocación de nueva maquinaria

Tabla 5. Los proyectos en la planta que se desarrollaron por parte de la brigada de topografía

2.8.1. MANTENIMIENTO DE LA MAQUINARIA DENOMINADA "ROBOT"

El movimiento constante a causa de la labor que realiza este equipo, ha causado que con el tiempo presente una variación de elevaciones en los rieles.



Figura 10. Muestra el esqueleto de la maquinaria donde se visualizan los rieles de nivelación.

La nivelación se llevó a cabo por el método de “nivelación simple”, con ayuda de un **Equialtímetro** NaK-2 con Placa micrométrico plano-paralela y con dos estadales de aluminio.

Esta máquina no requería de una referencia o una medida específica con respecto al piso (según los operadores de la máquina y el ingeniero a cargo), para ello la nivelación se hizo con aproximación a la centésima de milímetro y se colocó una marca (niveleta) a 1.45 metros del nivel de piso para realizar la nivelación.



Figura 11. Muestra el lugar donde se colocó la referencia a 1.45 metros del piso.

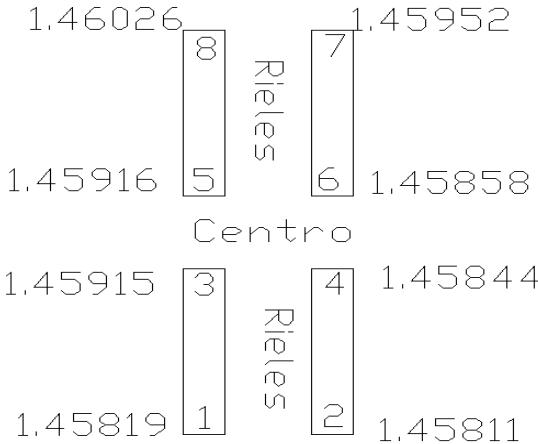


Ilustración 4. Los datos demostraron que existía una variación en los niveles del equipo, por lo tanto al no existir una altura definida se obtuvo la media aritmética de éstas

Al realizar la operación, la elevación en la que los rieles debían ser colocados fue:

1.458926 m.

El ajuste para la nivelación de la maquinaria consistió en girar una tuerca ubicada en la parte inferior de los rieles con ayuda de una “llave Stillson”.

La dilatación generada por la fricción entre los metales al realizar este movimiento generó diferencias en las lecturas, por ello, este proceso se llevó a cabo por tres etapas:

1. Colocación de los niveles de rieles al milímetro.
2. Se tomaron lecturas alternadamente de los rieles, en posiciones contrarias, para efecto de dar un tiempo de relajación a los metales antes de revisarlos.
3. Comprobación de la nivelación por medio de lecturas en otra puesta de aparato.



Figura 12. Nivelación vista desde el nivel



Figura 13. Otra puesta de aparato para la Nivelación

2.8.2. CONSTRUCCIÓN EN LA ZONA DE LAMINACIÓN.

Para que la empresa **SIDERTUL** ampliara su demanda de varilla, reemplazó su equipo llamado “Empaquetadora” para dar paso a un equipo moderno que le diera mayor producción; es por ello que la construcción de la nueva infraestructura se llevó a cabo según el nuevo modelo de maquinaria por utilizar.

La primera labor a realizar después del desmonte de la maquinaria antigua fue la localización de las nuevas columnas y los dados de soporte para la nueva maquinaria, así como la demolición de los obstáculos y la remodelación o adecuación de las construcciones existentes.

El diseño del nuevo equipo concuerda con los ejes de la maquinaria por reemplazar, por lo tanto se utilizaron las referencias de los ejes de construcción anteriores. La línea de referencia para ubicar la maquinaria, se hizo por medio de puntos ubicados en dos placas de acero, como se pueden visualizar en el plano del Anexo 5.2 La primera tarea fue localizar y ubicar los ejes de las columnas a partir de la fila número 23, que es la que se encontraba con referencias del eje de la cuarta dobladora.

Tomando en consideración que los trabajos de demolición en la zona donde se ubican las columnas imposibilitó el trazo del Eje de rodillos, en el que se pensaba ubicar los ejes de las columnas, se optó por el trazo de un eje auxiliar. En la siguiente imagen se muestra la forma del piso y la distribución de los ejes con respecto al de las placas.

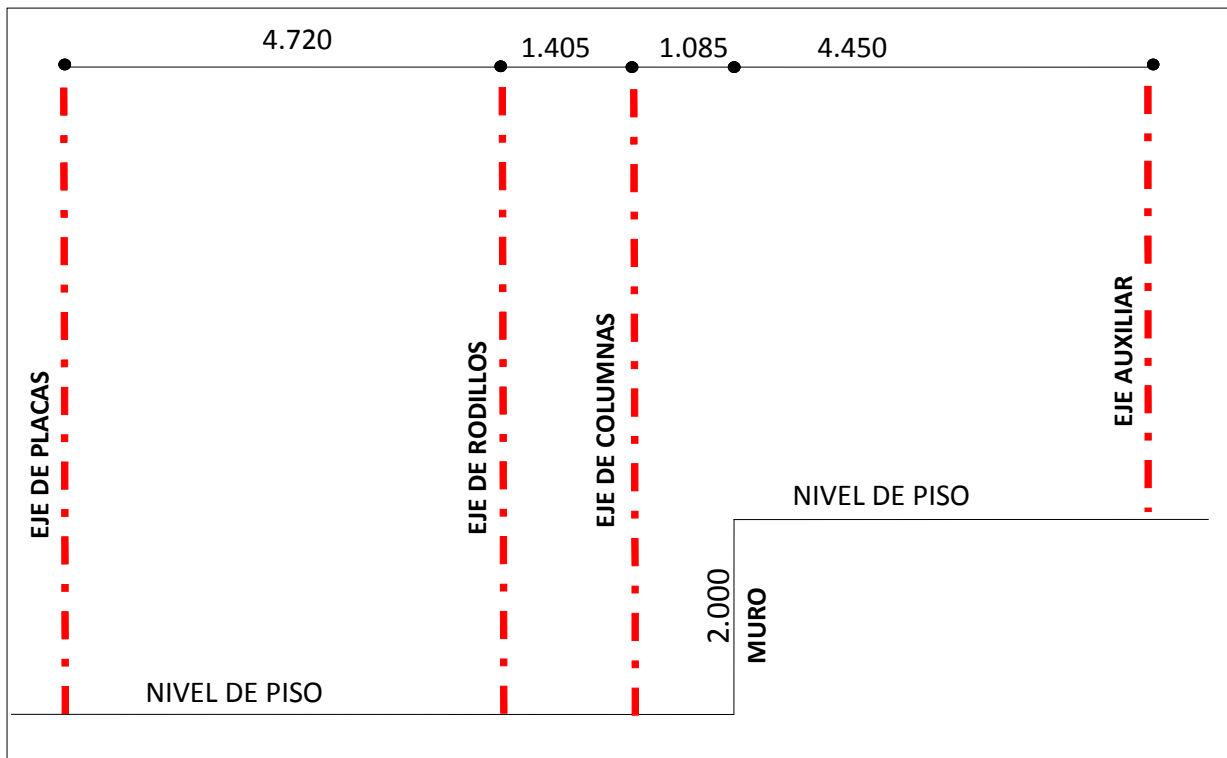


Ilustración 5. Corte donde se muestra la distribución de los ejes

La estrechez de la zona imposibilitó el uso del Teodolito para la medición de ángulos rectos, lo que origino la medición con cinta para la distribución de los puntos de partida.

El número total de ejes para las columnas a trazar fueron 7, las referencias fueron marcadas a la orilla del nivel más alto, y por método de diagonales se ubicó el centro de la columna. La medición de distancias utilizando el distanciómetro no fue requerida, dado que la precisión mínima necesaria es de ± 2.00 mm.

En toda la zona de remodelación el personal se mantenía en constante movimiento, ocasionando la obstaculización en la toma de mediciones, así como la perdida de referencias para la propagación de distancias. Por ello fue necesario actuar de manera eficaz y segura para que la toma de distancias fuese de la manera más rápida posible.

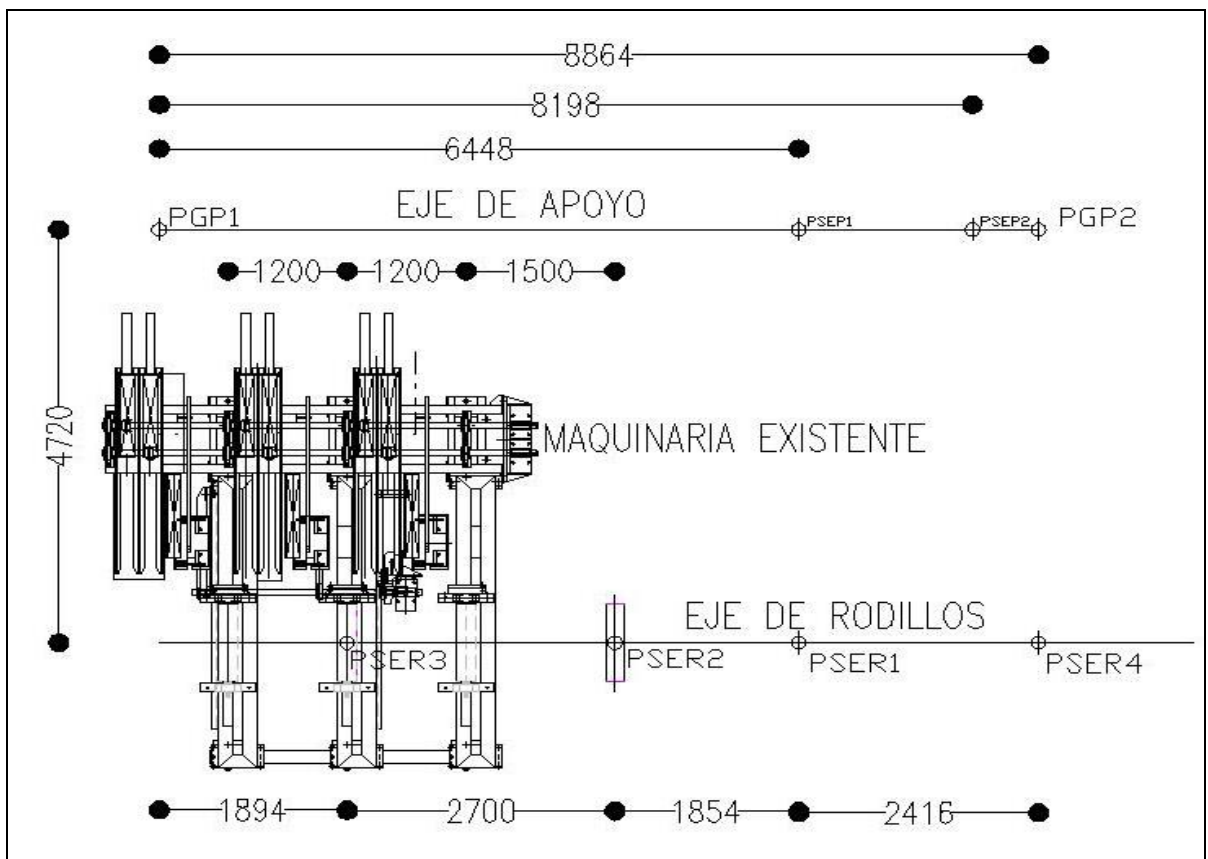


Ilustración 6. eje de rodillos, eje de placas y puntos de apoyo

Una vez marcados las columnas, se trazó el Eje de rodillos ya que es de suma importancia para el control del montaje de la maquinaria; la referencia general de la obra se llevó a cabo mediante los puntos colocados con anterioridad y la comparación de éstos con la maquinaria existente, ubicada en su lugar definitivo.

En los rodillos de la máquina se dejaron colgar dos plomadas al piso para indicar el eje, como se muestra en el croquis. Con ayuda de estos puntos se pudo comprobar el trazo de los puntos medidos con cinta con ayuda del Teodolito. La información con respecto al lugar de la máquina, se hizo de nuestro conocimiento después de colocados los puntos de partida, de este modo los ingenieros comprobaron el trazo usando el laser montado en el equipo.

El Eje de rodillos se extiende hasta la parte final de las columnas y mediante un punto de golpe quedó representado, sin embargo, para la maniobra de alineación del equipo se instaló un travesaño a aproximadamente un metro encima de la elevación proyecto de los rodillos, de tal manera que sostuviera un cable tensado que representase el Eje;

en éste se dejó colgar una plomada, así en el montaje de la maquinaria y el alineamiento se realizó sólo con la ayuda de una plomada y el cable, que en el transcurso de la obra fue monitoreado con la ayuda del Teodolito y las referencias en el piso. Para ello en el punto trazado con anterioridad en el extremo de la zona sirvió de referencia para el cable del travesaño y su ajuste en el momento del tensado.

La destrucción de referencias y puntos por parte de los trabajos de demolición, así como el constante movimiento de personal hicieron que una vez conseguido los puntos de partida para el eje de rodillos fuesen constantemente monitoreados y reubicados en caso de pérdida, dadas estas circunstancias las revisiones se llevaron a cabo 5 veces al día.



Figura 14. Muestra una panorámica en la propagación del punto.



Figura 15. Imagen donde se llega a apreciar el montaje del travesaño para colocar el eje antes del montaje de las máquinas.

Después de la ubicación de las columnas y el trazo del Eje de rodillos, el trazo de los paños exteriores de los Dados de soporte fue la segunda tarea de relevancia; para la demolición de infraestructura existente tal como columnas y el piso. El Eje de rodillos sirvió como base de medición para ubicar los dados y para el montaje de la maquinaria.

Existieron trazos de apoyo sugeridas por los ingenieros encargados de la máquina, los cuales al indicar el trazo con el laser de la Estación Total visualizaron el alineamiento de algunas máquinas; con esto, independientemente de corroborar sus datos, supervisaron la precisión con la que trabajamos en la planta, es por ello nuestros trazos fueron confiables.

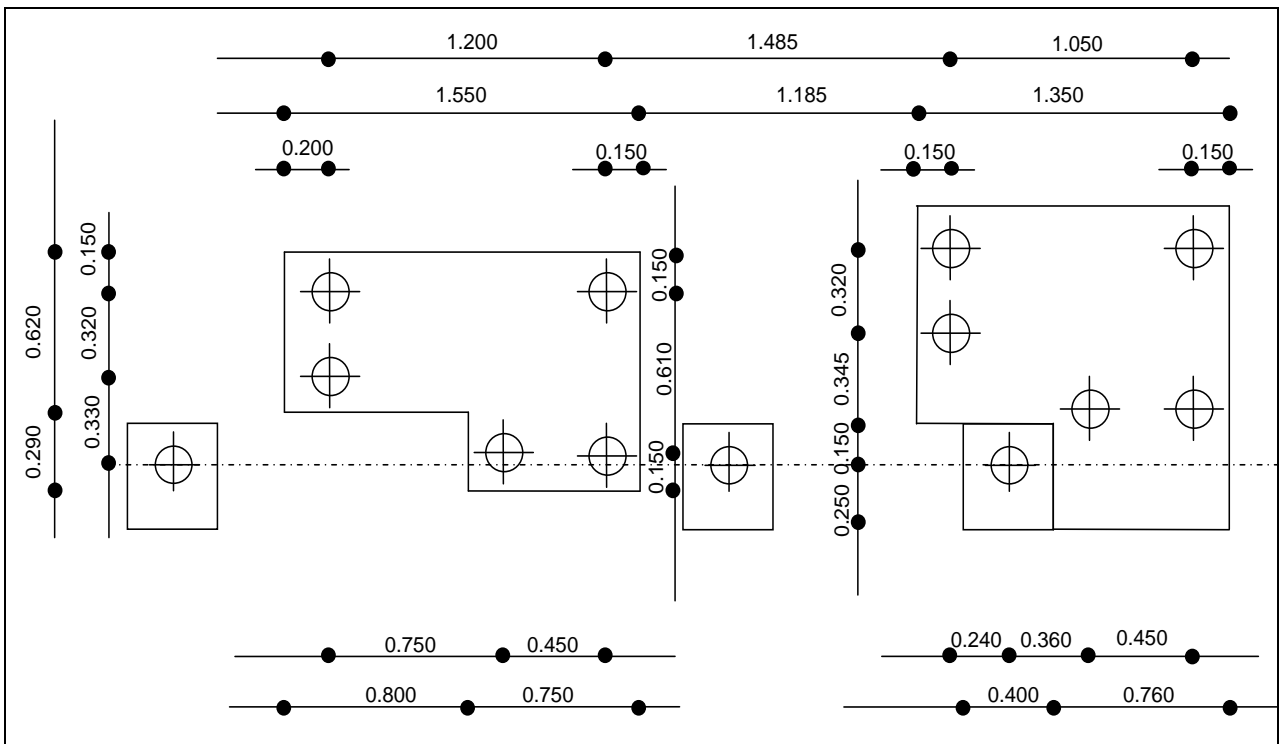


Ilustración 7. forma y distribución de la posición de los pernos de los Dados D-14 (izquierda) y D-15 (derecha)

Los Dados de soporte contaban con referencias al eje de dobladoras con respecto a sus pernos, por lo que sobre el trazo del Eje de rodillos se ubicaron dos puntos correspondientes a los pernos del dado modelo D-15 para cada par, unos en la zona de la cuarta dobladora y otros en el de la segunda.

Llevada a cabo la tarea de ubicación de estos puntos y con ayuda del plano se determinaron las columnas que fueron demolidas para dar paso al trazo de los dados.

En los planos no se encontraron los ejes de construcción de los dados sin embargo se trazaron los ejes de los pernos; las condiciones del lugar en materia de luminosidad y espacio permitieron el trazado con cinta métrica y el cálculo de diagonales para el traslado de los ejes, el cual se inició desde el dado D-15 y concluyó en el D-14

Trazados los puntos de los pernos en el piso, se hizo entrega de estos al ingeniero y se procedió al desplante de los dados.

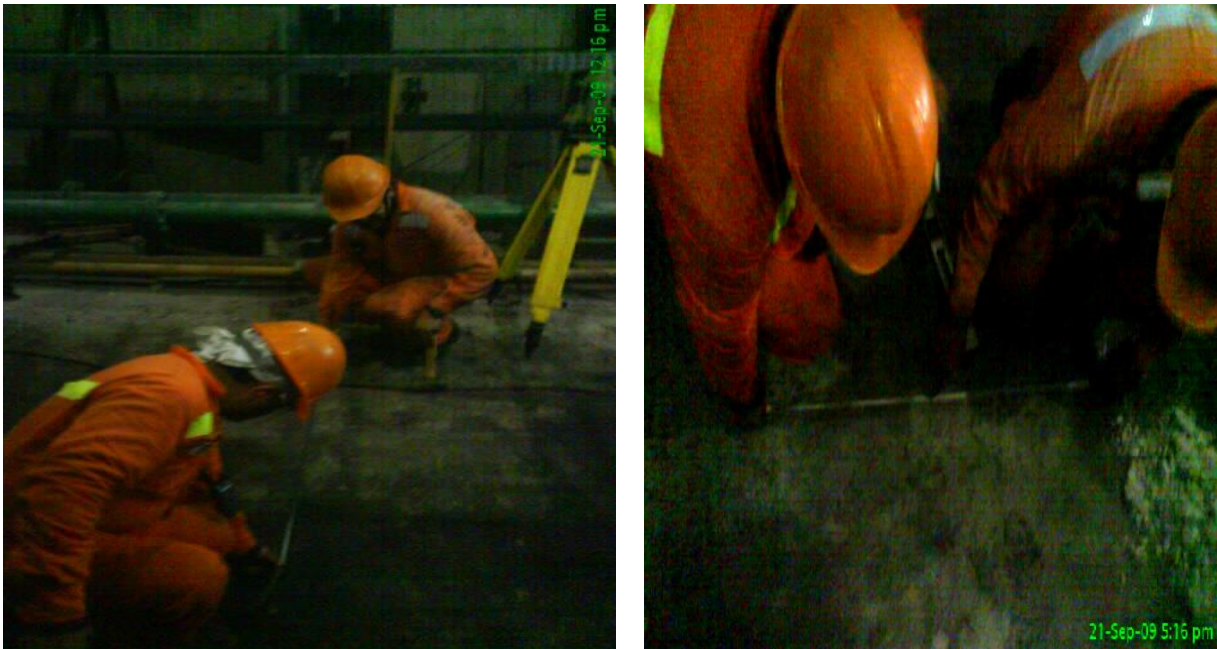


figura 16. Muestran algunas mediciones y la cercanía de los puntos.

Para el control de tope de colado se ubicaron referencias marcadas en las varillas que forman parte de la estructura del dado. El dado se integró a la losa del piso por lo que no requirió cimentación adicional.

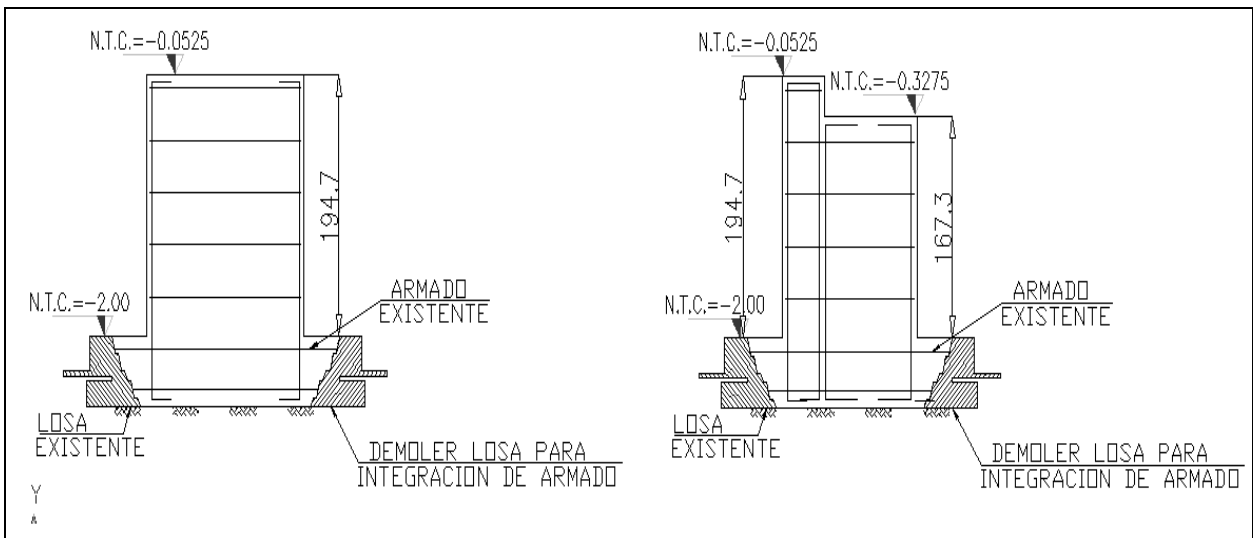


Ilustración 8. corte de los dados D-14 y D-15 y sus elevaciones, en el se visualiza parte del armado y unión de las varillas a la losa existente.

Las columnas existentes, tenían una elevación de 0.00 metros a nivel de piso proyecto, sin embargo las especificaciones según el diseño de la máquina requirió que estas estuviesen a **-0.0525 m.**

El reacomodo de los niveles de estas columnas por medio de taladros, ocasionó que la elevación a la que fueron reacomodados fuese incorrecta aún marcando con una línea roja la elevación final. Para conseguir la elevación requerida se colocaron láminas de acero, que fueron niveladas y fijadas con cemento.



Figura 17. Colocación de marcas de elevaciones nuevas en las columnas.



Figura 18. Ajuste de elevaciones para la colocación de las placas de acero.

2.8.3. COLOCACIÓN DE NUEVA MAQUINARIA

Las columnas en las que fue montado el equipo fueron diseñadas con un tubo PVC de seis pulgadas de diámetro, esto para llevar a cabo la maniobra y ajuste con el eje transversal. Su ajuste se llevó a cabo mediante el trabajo en conjunto de los mecánicos y la brigada de topografía.

El trabajo, en un principio, requirió de paciencia ya que el ajuste de la elevación fue con la ayuda de un gato hidráulico y láminas de acero de espesor de 1, de 5 y de 10 milímetros, el constante movimiento realizado por el gato hidráulico modificaba el alineamiento de la máquina, el que fue corregido constantemente con ayuda del eje marcado en el travesaño. La maquinaria se montó a lo largo de 57.375 metros en 30 parejas de columnas, y constó de 12 camas con tres pares de rodillos cada una, este montaje tuvo una duración de una semana, en la que cada rodillo fue trazado y nivelado con precisiones horizontal de 0.5 mm. y vertical de 1.0 mm.

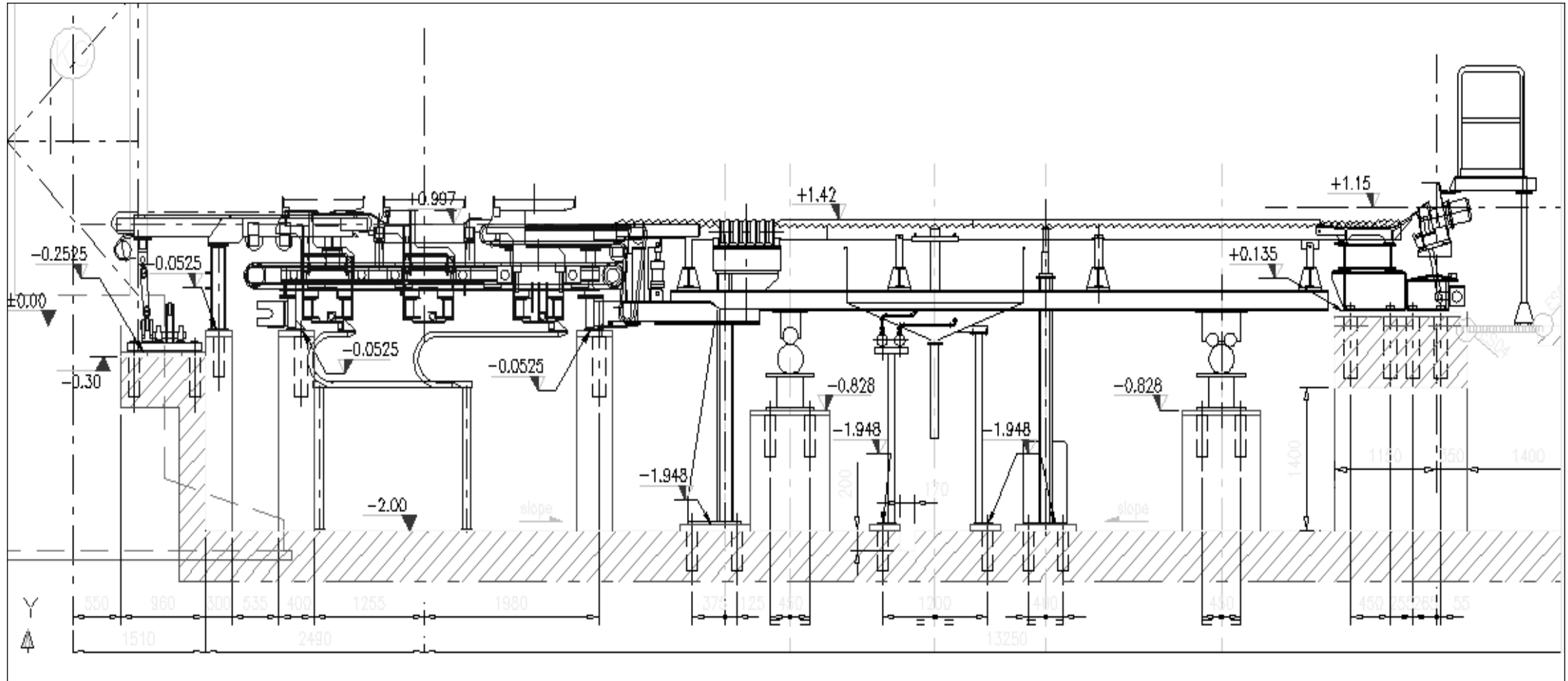


Ilustración 9. Plano de una sección de maquinaria en el que se observan sus partes y sus elevaciones en el punto de proyecto.



Figura 19. Se aprecia el montaje total de la cama de rodillos



Figura 20. Zona a nivelar tras el montaje de la cama de rodillos



Figura 21. Muestra la forma con la que el personal trabajó, así como su equipo de seguridad



Figura 22. Imagen donde se revisa y se informa su elevación a los encargados de la máquina.

3. SEGURIDAD INDUSTRIAL EN LA PLANTA SIDERURGICA

3.1 GENERALIDADES.

Para realizar los trabajos de ingeniería, un factor clave es la seguridad; el Ingeniero Topógrafo debe tener el conocimiento de los peligros que lo rodean, para que proceda, de inmediato y con la suficiente preparación, ante algún imprevisto.

Los peligros varían según los trabajos por realizar, ya que es muy diferente trabajar en una construcción de algún edificio, que en el de una planta industrial o que en el levantamiento de grandes hectáreas de cultivo. Para ello existen prevenciones que por intuición podemos librar, aunque la forma adecuada de proceder no sea la adecuada.

En toda nave industrial para el inicio de cualquier actividad, es necesario estar consciente del riesgo que se corre. En México ocurren al menos 300 mil accidentes de trabajo al año los cuales son menores según cifras oficiales de 1980³.

La higiene y seguridad industrial nos ayuda a conseguir el bienestar y la salud de los grupos de trabajo, tal como lo define José Salgado Benítez (2002)

“La seguridad industrial son los procedimientos, técnicas y elementos que se aplican en los centros de trabajo, para el reconocimiento, evaluación y control de los agentes nocivos que intervienen en los procesos y actividades de trabajo, con el objeto de establecer medidas y acciones para la prevención de accidentes o enfermedades de trabajo, a fin de conservar la vida, salud e integridad física de los trabajadores, así como evitar cualquier posible deterioro al propio centro de trabajo.”

Es por ello que el conocimiento de la seguridad industrial ayuda a mejorar el desempeño de un trabajador.

Para la empresa siderúrgica, todas las labores que allí se realizan se llevan a cabo bajo una rigurosa norma de seguridad, SIDERTUL emplea medios de capacitación a los trabajadores, para que ellos estén conscientes de que la seguridad es primero antes que el trabajo.

³Gomes Mena, Carolina. Ocurren en México más de 300 mil accidentes de trabajo al año. 28-04-07. <http://www.jornada.unam.mx/2007/04/28/index.php?section=sociedad&article=036n1soc>

Las empresas que en este caso fueron contratadas por **SIDERTUL** para la ampliación de su nave, están encargadas de proporcionar los medios de seguridad para la realización de las actividades; los trabajos se monitorean por medio de reportes, los cuales se inspeccionan y se aprueban por los encargados especiales de seguridad industrial y los supervisores en jefe de los trabajos.

Es muy importante mencionar que antes de ingresar al complejo industrial, la empresa proporciona un curso de seguridad para que el trabajador conozca cuáles son las normas a seguir para llevar a cabo su labor con la suficiente seguridad.

El contenido de dicho curso puede explicarse brevemente con algunos puntos clave, para el entendimiento expedito de los temas.

3.2 IMPORTANCIA DE LA SEGURIDAD INDUSTRIAL

La mayoría de los trabajos de ingeniería conllevan de cierta exposición y riesgo, por lo que la salud de un trabajador está caracterizado por dos factores:

- **Higiene industrial**
- **Seguridad industrial**

La **higiene industrial**, son aquellos factores que evitan o previenen enfermedades que, por las labores ejecutadas, pongan en riesgo la salud del trabajador.

Por su parte la **seguridad industrial**, es aquél conjunto de acciones que evitan los accidentes de trabajo.

3.3 Reglamento.

El Reglamento general de seguridad para trabajadores subcontratados es simple y consta de nueve pasos.

1. Cinco minutos de plática, referente a prevención de accidentes, antes de empezar a trabajar.
2. Es obligación de la empresa prestar a sus trabajadores del equipo de protección personal (EPP).

3. Mantener orden y limpieza.
4. Elaborar un análisis preliminar de riesgo (APR) por turno y antes de cada actividad.
5. Llenado de Permiso de trabajo.
6. Es necesario contratar personal técnico de seguridad para aquellas empresas contratistas que cuente con más de 30 personas en su plantilla, o en caso de trabajos de nivel de alto riesgo (tipo A).
7. Queda estrictamente prohibido entrar con aliento alcohólico o bajo influencia de drogas.
8. Es obligatorio comunicar los accidentes, incidentes o actos o condiciones inseguras en la planta.
9. Es obligatorio el uso en todas las zonas del equipo mínimo de protección personal.

Estas pequeñas, pero muy importantes normas no son negociables; y en caso de quebrantarlas, ameritan sanciones rígidas a la empresa que contrata el personal.

3.4 CONTROL DE RIESGO

Los riesgos de trabajo son el conjunto de procesos probables en los que puede ocurrir un accidente. El **peligro** es el daño que puede ocasionarnos alguna acción, sin embargo el **riesgo** es la cercanía con la que podremos llegar a enfrentarnos con ese peligro.

Para prevenir **los riesgos** es importante hacer uso adecuado del EPP dependiendo del tipo de trabajo, llevar a cabo paso a paso los medios con los cuales podemos evitar accidentes como son, evitar actos inseguros, eliminar condiciones inseguras con el llenado en forma de los APR, con el objeto de concientizarnos del riesgo y no incurrir en peligro.

La limpieza es parte fundamental para la prevención de accidentes, en muchos casos el derrame de algún líquido se limpia, en el momento, como forma de prevención.

Las caídas de lugares altos ocasionan frecuentemente heridas graves o la muerte. Al realizar trabajos de este tipo se debe contar con arnés de seguridad, el cual cuenta con gancho, punto fijo, línea de vida y amortiguador. **Los trabajos de altura** se consideran así cuando rebasan de 1.80 m., en caso de trabajar en una escalera se debe tener la certeza de que se encuentra en un lugar fijo y nivelado, y que conste de una sola superficie de apoyo.

La política de clasificación de residuos materiales se hace de cuatro maneras en cuatro contenedores, clasificados en materiales peligrosos, materiales no peligrosos, y se separan dependiendo su tipo como: orgánicos, industriales y metales.

Los riesgos son prevenibles, por lo que el propósito principal de las conferencias y de los cursos inductivos, es el de evitar riesgos humanos y así también eliminar pérdidas económicas a la empresa.

3.5 SINIESTROS

Los siniestros son actos no controlados a los que se les hace frente dependiendo la forma en que se presenten; un siniestro es un conjunto de daños o perjuicios de manera súbita e inesperada, causados por fuerzas ajenas; es una serie de acontecimientos no planeados que se llevan a cabo por una misma razón y que no estuvo en nuestras manos provocarlos directamente.

Identificar las formas en las que se presenta un siniestro es vital no sólo para la sobrevivencia dentro de una fábrica, es un concepto de carácter social con el cual podemos estar prevenidos para salvar vidas.

Podremos decir que existe una infinidad de siniestros causados por muchas razones, sin embargo todos ellos se engloban en tres que son los más comunes: Sismos, Explosiones e Incendios.

Sismos.

Los **sismos** son movimientos que se efectúan por el choque, desplazamiento o vibración, que efectúan las placas tectónicas. Un **sismo** en sí puede ser de diferentes grados, toda obra debe ser diseñada para contrarrestar los efectos que cause un sismo.

Explosiones.

Se define como **explosión**, como una reacción química, que actúa violentamente, con un gran desprendimiento de energía calorífica, y el desprendimiento de diversos gases, en un lapso de tiempo breve.

El **efecto destructivo de una explosión** es precisamente por la potencia de la detonación que produce ondas de choque o diferencias de presión subyacentes de duración muy corta, extremadamente.

Incendios.

En definición el **fuego es una elevación excesiva de temperatura**, como resultado de la oxidación de los cuerpos. Para que el fuego se produzca, debe tener tres factores:

- Combustible
- Oxígeno
- Calor.

Se tiene observado el peligro de incendios que se pueden generar en la fábrica, para ello el uso de **extinguidores** es muy importante.

TIPO	CARACTERÍSTICAS
Clase A	Materiales que producen brasas (maderas, cauchos, plásticos, pólvora, textiles, papel.)
Clase B	Líquidos inflamables (petróleo y sus derivados, alcoholes, grasas industriales, gases.)
Clase C	Eléctricos (motores, tableros, instalaciones eléctricas.)
Clase D	Metales combustibles (magnesio, sodio, potasio, aluminio).

Tabla 6. Clases de fuego y sus características.

Existen dos tipos de **sistemas que facilitan el combate contra los incendios: convencionales e inteligentes**, cada uno de ellos corresponde a la gama de variedad de sustancias que arroja.

Convencionales. Son aquellos que se manejan de modo manual, dispuestos en la NOM-STPS-002, y la mayoría combate de manera inicial el incendio. Existe variedad de ellos: extintores, baldes de agua o de arena y tomas de agua contra incendio y mangueras,

Inteligentes. Este sistema es computarizado o guiado bajo chips identificadores de humo, conectados de manera aislada y resistente al fuego, para poder anunciar y combatir de manera inmediata cualquier siniestro de esta naturaleza

CLASE DE FUEGO	AGUA	SODA ÁCIDA	ESPUMA	BIÓXIDO DE CARBONO	POLVO BC	POLVO ABC	POLVO ESPECIAL
A	A	A	A	P	P	A	P
B	X	X	A	A	A	A	P
C	X	X	X	A	A	A	P
D	X	X	X	X	P	P	A

Tabla 7. Clases de fuego y el material de extinguidores que pueden combatir

A= Aplica

P= Puede usarse

X= no debe usarse

3.6 CONTROL Y EVALUACION DE ACCIDENTES

Un **accidente** se define como una acción precedente a un evento inesperado. Se debe analizar con suma atención el tipo de trabajo a realizar, pues con base en ello es el grado de afectación, ya sea de los trabajadores como de los objetos alrededor.

3.6.1 CAUSA DE ACCIDENTES

La mayor parte de nuestro entorno se manifiesta en completa armonía, sin embargo si se altera algún factor que en reposo mantenga un equilibrio armónico con el entorno su causa implica la ejecución de accidentes.

CAUSA DE LOS ACCIDENTES	DIRECTA O PRÓXIMA	Condiciones inseguras	Se refiere al equipo, área y trabajo que ponga en alteración la vida del trabajador
		Actos inseguros	la forma de actuar de la persona, que puede poner en riesgo la vida propia como la de sus compañeros de trabajo
	INDIRECTA O REMOTA	son imposibles de prevenir y se dan bajo una reacción en cadena como el efecto domino, sólo que su conclusión no está determinada	

Ilustración 10. Esquema de la causa de accidentes

3.6.2 CADENA DE ACCIDENTES

Los **accidentes** son eventos sin precedentes que afectan ya sean un proceso de producción, o algún otro factor de riesgo, **el resultado de un accidente** siempre produce pérdidas, las cuales son: Daño y Lesión

- **Daño**⁴ Es un perjuicio ocasionado a los recursos físicos del proceso de fabricación (materiales, maquinaria, herramientas, etc.)
- **Lesión**⁵ Es el perjuicio ocasionado a los recursos humanos (integridad físicas de los trabajadores)

3.6.3 CLASIFICACION DE LOS ACCIDENTES

Los accidentes se clasifican por el tipo de daño con lo que son causados⁶.

- Golpe contra.
- Golpe por
- Atrapado o cogido por o entre algo
- Caída
- Sobreesfuerzo
- Contacto con temperatura externa
- Inhalación o absorción que produce asfixia o envenenamiento.

3.6.4 CONSECUENCIA DE LOS ACCIDENTES

Las **consecuencias de los accidentes** son tres: humanas, económicas y sociales.

⁴ “Higiene y Seguridad Industrial” Josué Benítez Salgado, 2002, Instituto Politécnico Nacional, México.

⁵ *Ibidem*.

⁶ *ídem*

- *El aspecto humano*, son las lesiones y todo aquel daño ocasionado al aspecto físico y mental del trabajador. Englobadas en, temporales, parciales, totales y muerte⁷.
- *El económico*, advierte y afecta en mayoría de las partes al patrón, ya que con base en la ley, deben cubrirse los gastos del trabajador, así como los de su misma empresa y su maquinaria
- *El aspecto social*, es el reflejo de los dos, los cuales se manifiestan en la actitud de los trabajadores y el patrón.

3.6.5 PREVENCIÓN DE LOS ACCIDENTES

La mejor manera de **prevenir un accidente**, es dando a conocer los riesgos a los que está expuesto un trabajador.

Por ello la empresa se debe hacerse cargo de la difusión, por diversos medios, para la promoción y la advertencia de riesgos de cada trabajador; esos medios son, entre otros:

- Capacitación;
- Adiestramiento;
- Campañas;
- Promoción;
- Papel del encargado de seguridad;
- Comités de seguridad;
- Análisis de la seguridad del trabajador;
- Instrucciones de seguridad;
- Disciplina;
- Nuevos trabajadores;
- Carteles;
- Videos...

⁷ Ley general del Instituto Mexicano del Seguro Social, Diario Oficial de la Federación el 1º de noviembre de 2002

3.7 EQUIPOS DE PROTECCION PERSONAL

La forma más convencional y segura para que un trabajador realice sus tareas, es con el uso de equipos de protección personal. **El equipo de protección personal (EPP)** es una herramienta que permite al trabajador asegurar sus extremidades en la realización de tareas contra posibles lesiones o en su caso disminuir el grado de una lesión.

Existen diferentes tipos de EPP.

- Protección de la cabeza
- Protección de ojos y cara
- Protección de vías respiratorias
- Protección contra ruidos
- Protección de manos, pies y piernas
- Ropa de protección
- Protección para trabajos de altura.

El EPP depende mucho del tipo de instalaciones en las que se trabaja; también existen equipos de seguridad que se usan para trabajos específicos.

PARTE DEL CUERPO A CUBRIR	TIPO DE EPP A USAR	CARACTERÍSTICAS
CABEZA	CASCO Y BARBIQUEJO	La utilización de un casco es el medio más completo para protección de cualquier incidente; relativo a esta extremidad del cuerpo
OJOS Y CARA	ANTEOJOS Y CARETAS	Sustancias químicas. Materiales blandos, que se ajusten a la cara. Desprendimiento de partículas. Lentes con protectores de alto impacto y caretas Radiación infrarroja. Pantallas protectoras provistas de filtro.
VÍAS RESPIRATORIAS	RESPIRADORES Y MASCARAS	Respiradores de filtro mecánicos: para polvo y neblinas. Respiradores de cartucho químico: vapores orgánicos y gases. Mascaras de depósito: cuando el ambiente está viciado del mismo gas o vapor. Respiradores y mascaras con suministro de aire: para atmosferas donde hay 16 por ciento de oxígeno en volumen
AUDIO	TAPONES DE CAUCHO U OREJERAS.	Para trabajos donde la exposición de ruido alcanza los 85 decibeles (DB), punto que es considerado límite para la audición normal.
EXTREMIDADES	GUANTES, BOTAS	Seleccionados según el riesgo a los cuales el usuario este expuesto y a la manipulación adecuada del cuerpo
CUERPO	VESTIDOS PROTECTORES	La ropa no debe tener riesgo de engancharse o de ser atrapado por las piezas de las maquinas en movimiento. Restringir el acceso de los bolsillos a objetos personales y pequeños. No entorpece el desenvolvimiento de las actividades
CONTRA ALTURAS	CINTURÓN Y ARNÉS DE SEGURIDAD	Para efectuar cualquier maniobra a partir de los 1.80m. de altura del piso

Tabla 8 tipos de EPP y protección que brindan

4. CONCLUSIONES.

1. Con la correcta aplicación del personal, del equipo, de los programas de trabajo y de los recursos varios, a la par de la ejecución de procedimientos topográficos expeditos y correspondientes a los trabajos por realizar en la siderúrgica, demuestra la importancia de la ingeniería topográfica en el montaje preciso de maquinaria especializada.
2. En el trazo de los ejes de colocación de maquinaria, el uso de goniómetros opto-mecánicos es sin dudas la mejor herramienta para conseguir trazos de mejor precisión; ya que a diferencia de los equipos electrónicos, tales como las Estaciones Totales, el movimiento generado por la maquinaria o por el flujo constante de personal altera de mayor manera su sistema interno.
3. Es necesario llevar un orden riguroso y una supervisión constante, así como el respeto irrestricto al reglamento interno en materia de seguridad industrial, para efectos de bienestar y seguridad en el periodo de duración del trabajo.
4. Al cumplir con los propósitos planteados en los alcances generales de trabajo en la Siderúrgica, con efectividad, precisión y seguridad, se promueve la imagen del sentido de conocimiento de practicidad y ética que el Ingeniero Topógrafo debe tener.

REFERENCIAS.

- Ismael López Jiménez, *Metrología industrial*, http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id_articulo=340, 2000
- Ted Klastorin. *Administración de Proyectos*. Editorial Alfaomega, México. 2005
- Juan Carlos Yee Galván. *Administración de Empresas Constructoras*. Seminario en Escuela Superior de Ingeniería Y Arquitectura. México. 1988
- Introducción al Sistema GPS (Sistema de Posicionamiento Global). Leica Geosystems AG, Heerbrugg, Suiza, 1999.
- Francisco Domínguez García-Tejero. *Topografía General y Aplicada*. Editorial Dossat. Madrid, España. 1984
- Ing. Sabro Higashida Miyabara. *Topografía General*. Editorial Eureka. México. 1971
- Apuntes Escuela Técnica superior de ingenieros industriales, *instrumentos topográficos*, Universidad politécnica de Madrid, 2007. http://ocw.upm.es/expresion-grafica-en-la-ingenieria/dibujo-de-construccion/contenidos/Topografia/dc3_instrumentos_topograficos_v2007.pdf
- Ya. A. Sundakov. *Trabajos Geodésicos en la construcción de grandes Obras Industriales y Altos Edificios*. Editorial Mir. Moscú. 1980
- Gomes Mena Carolina. *Ocurren en México más de 300 mil accidentes de trabajo al año*. 28-04-07.
<http://www.jornada.unam.mx/2007/04/28/index.php?section=sociedad&article=036n1soc>
- Josué Benítez Salgado, *Higiene y Seguridad Industrial*, Instituto Politécnico Nacional, México. 2002

GLOSARIO.

Alidada. Se denomina alidada a la parte del teodolito que encuentra instalada sobre el limbo. Es la parte que gira sobre el eje vertical, y tiene dos estructuras llamadas montantes que sirven de apoyo al anteojo. En algunos modelos de teodolitos, el nivel tubular se encuentra en la parte central de la alidada.

AutoCAD. Es un programa de diseño asistido por computadora (CAD "Computer Aided Design"; en inglés) para dibujo en 2D y 3D. Actualmente es desarrollado y comercializado por la empresa Autodesk.

CIVILCAD. Es el módulo diseñado para crear funciones adicionales que automatizan y simplifican las tareas dentro de AutoCAD® Full y Bricscad® PRO, cubriendo diversas necesidades del profesional de la Ingeniería Civil y Topografía de habla hispana; utilizado por dependencias de gobierno, constructoras y universidades.

Colinealidad. Dos o más puntos o componentes que están ubicados en la misma dirección y sobre una misma línea recta.

Coordenadas Angulares Geodésicas.

Coordenadas Geodésicas. Son los datos numéricos dados en Latitud, Longitud y Altura, que cuentan con un Elipsoide de Revolución asociado. Esta es una definición rigurosa pero abstracta, pues tanto el centro como los ejes son inaccesibles en la práctica y sirven para dar una ubicación precisa de un punto sobre la superficie terrestre.

Dimensionalidad. Que tiene cierta cantidad de dimensiones.

Distanciómetro. Dispositivo electrónico para medición de distancias, funciona emitiendo un haz luminoso ya sea infrarrojo, láser o de onda corta; este rebota en un prisma o directamente sobre la superficie, y/o dependiendo del tiempo que tarda la señal en recorrer la distancia es como determina ésta.

Efeméride. Es una tabla de valores que da las posiciones de los objetos astronómicos en el cielo en un momento o momentos dados. Unas efemérides son normalmente correctas sólo para un lugar particular de la Tierra. Los satélites de navegación del GPS transmiten información electrónica de efemérides consistente en altitud y en datos de localización exacta que los receptores GPS usan más tarde (junto con el tiempo empleado por la señal en llegar al receptor) para calcular su propia localización en la Tierra usando trilateración.

Eje. Eje de simetría es una línea imaginaria que al dividir una forma cualquiera, lo hace en dos partes o más, cuyos puntos simétricos son equidistantes entre sí.

Georreferenciación. La georreferenciación es un neologismo que refiere al posicionamiento con el que se define la localización de un objeto espacial (representado mediante punto, vector, área, volumen) en un sistema de coordenadas y datum determinado. La georreferenciación, en primer lugar, posee una definición tecnocientífica, aplicada a la existencia de las cosas en un espacio físico, mediante el establecimiento de relaciones entre las imágenes de *raster* o *vector* sobre una proyección geográfica o sistema de coordenadas.

Hundimientos. Es un movimiento de la superficie terrestre en el que predomina el sentido vertical descendente y que tiene lugar en áreas muy baja pendiente. Este movimiento puede ser inducido por distintas causas y se puede desarrollar con velocidades muy rápidas o muy lentas según sea el mecanismo que da lugar a tal inestabilidad.

Industria. Es el conjunto de procesos y actividades que tienen como finalidad transformar las materias primas en productos elaborados, de forma masiva. Existen diferentes tipos de industrias, según sean los productos que fabrican.

Línea de Colimación. Es una línea imaginaria que cruza por la intersección de los hilos de la retícula y que debe coincidir con el eje óptico.

Maquinaria. Es un dispositivo de tipo mecánico que está compuesto por elementos denominados piezas, que a su vez pueden ser móviles o inmóviles. Dichas piezas son las que nos permiten, través de su interacción, transformar la energía y de esta forma llevar a cabo la acción deseada.

Métodos topográficos. Se definen como métodos topográficos al conjunto de técnicas de instrumentación y operación, en la toma de medidas tanto lineales como angulares, y asimismo la gestión o tratamiento de estos datos en el proceso de la realización de un trabajo topográfico.

Metrología. Es la ciencia de la medida. Tiene por objetivo el estudio de los sistemas de medida en cualquier campo de la ciencia. También tiene como objetivo indirecto que se cumpla con la calidad.

Modelo Digital de Elevación. Un DEM se puede representar como un mapa de bits (una cuadrícula de cuadrados, también conocido como mapa de altura cuando representación de elevación) o como una red triangular irregular (TIN por sus siglas en inglés).

Montaje. Armar, poner en su lugar las piezas de cualquier aparato o máquina.

Perno. Pieza metálica, normalmente de acero o hierro, larga, cilíndrica, semejante a un tornillo pero de mayores dimensiones, con un extremo de cabeza redonda y otro extremo que suele ser roscado. En este extremo se enrosca una chaveta, tuerca, o remache, y permite sujetar una o más piezas en una estructura, por lo general de gran volumen

Plomeo. Verificación con ayuda de una plomada o algún aparato de medición, para determinar la verticalidad de algún componente de una edificación.

Precisión. Capacidad de un instrumento de dar el mismo resultado en mediciones diferentes realizadas en las mismas condiciones. Esta cualidad debe evaluarse a corto plazo. No debe confundirse con exactitud ni con reproducibilidad.

Proyección cartográfica. Sistema de representación gráfico que establece una relación ordenada entre los puntos de la superficie curva de la Tierra y los de una superficie plana (mapa). Estos puntos se localizan auxiliándose en una red de meridianos y paralelos, en forma de malla. La única forma de evitar las distorsiones de esta proyección sería usando un mapa esférico pero, en la mayoría de los casos, sería demasiado grande para que resultase útil.

Referenciación. Conjunto de marcas que ayudan a la ubicación geográfica de un determinado punto, eje o elemento que contenga información, o sea crucial para la ejecución de una obra.

Replanteo. Una vez que se confecciona un Plano, sobre esa información se ejecuta un proyecto, el que deberá ser trazado en el terreno. En otras palabras, el replanteo consiste en traspasar información del plano al terreno.

Siderúrgica. Planta industrial en la que se trabaja el hierro.

Sistema rectangular de coordenadas. Es un conjunto de valores y puntos que permiten definir unívocamente la posición de cualquier punto en un *espacio euclídeo*.

Sistema de Información Geográfica de administración Catastral. Es el conjunto de la infraestructura, la información sobre la propiedad presentada y registrada (terrenos, propietarios, usuarios, inmuebles, etc.) está integrada con su posición geográfica.

Sistema Ortogonal. Es un sistema de coordenadas tal que en cada punto los vectores tangentes a las curvas coordenadas son ortogonales entre sí. Este tipo de coordenadas pueden definirse sobre un *espacio euclídeo* o más generalmente sobre una variedad riemanniana o pseudoriemanniana.

Sistema de Referencia Geodésico. Es un recurso matemático que permite asignar coordenadas a puntos sobre la superficie terrestre.

U. T. M. Sistema basado en la proyección cartográfica transversa de Mercator, que se construye como la proyección de Mercator normal, pero en vez de hacerla tangente al Ecuador, se la hace tangente a un meridiano. A diferencia del sistema de coordenadas geográficas, expresadas en longitud y latitud, las magnitudes en el sistema UTM se expresan en metros únicamente al nivel del mar que es la base de la proyección del Elipsoide de referencia.

Trazo.