



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA DE BIOTECNOLOGÍA

---

TÍTULO DEL TRABAJO:  
**LA TÉCNICA AL SERVICIO DE LA SALUD**

INFORME TÉCNICO DE LA OPCIÓN CURRICULAR EN LA MODALIDAD DE:  
**ESTANCIA INDUSTRIAL**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
**INGENIERO BIOMÉDICO**

PRESENTA:  
**RODRÍGUEZ RAMÍREZ LUIS FERNANDO**

DIRECTOR INTERNO: ING. YANET CONTRERAS CERÓN  
DIRECTOR EXTERNO: ING. GONZALO GARCÍA CASAS

México, D. F. A 20 DE MAYO DE 2011

## AGRADECIMIENTOS

Una vez iniciado este camino llamado vida hay momentos en que las adversidades se vuelven como obstáculos ciclópeos e infranqueables que lo pueden orillar a uno a detenerse y quedarse estancado, es en esos momentos cuando se mide el verdadero valor de las personas que te rodean, en esos momentos cuando quien extiende la mano para ayudarte gana un lugar en tu corazón muy importante a mi punto de vista y aun que la distancia o el hacer formen una barrera entre nosotros se que serán siempre como las estrellas porque a veces cuando uno mira al cielo y no las ve tiene la certeza de que están ahí y que siempre estarán ahí y este espacio es para expresar mis agradecimientos a ustedes que han hecho la diferencia y se han ganado un importante lugar en mi corazón.

A UPIBI, una institución que cuando yo creía todo perdido me abrió sus puertas dándome una oportunidad de mejorar como persona formándome profesionalmente.

A mi madre Silvia por haberme dado la vida y por enseñarme que nunca debo perder la entereza por muy adversas que sean las situaciones así como todos los sacrificios y preocupaciones que tuvo que pasar para que yo pudiera continuar por este camino y sobre todo por su amor incondicional le estoy eternamente agradecido.

A mi padre Fernando por enseñarme el valor de la perseverancia ya que sin esta no hubiera llegado tan lejos en la vida, y que mejor manera de enseñarlo que con el ejemplo, le agradezco también el no haber perdido la fe en mí así como todo lo que tuvo que pasar para que yo pudiese seguir adelante y enseñarme que la herencia más grande que se me otorgara será la preparación.

A mi tía Victoria por ser mi guardiana, como mi segunda madre y haber tenido ese cariño y amor que a veces solo se puede expresar por un hijo, por su preocupación e interés, por esos años velando por mi seguridad y mi felicidad, también por su enorme paciencia y por siempre haberme guiado por el camino correcto le agradezco.

A mi hermano Néstor, mi mejor amigo, que desde que tengo memoria hemos estado juntos en las buenas y en las malas siempre muchas veces apoyándome en lo que muchos considerarían meras locuras, por todos esos años de apoyo incondicional gracias hermano.

A mis nakamas, nakama significa amigo, en si se refiere a más que un amigo, un compañero de aventuras, alguien que es parte de un grupo; todos ellos que me brindaron su amistad y ocurrencias, Alejandro, Humberto, Luis Fernando y Raúl. Gracias por permitirme ser su nakama.

Les agradezco Alejandra, Carlos, Deborah, Karen Florín, Laura M, Laura G. y Gerardo por hacer del paso por UPIBI siempre una nueva experiencia así como su apoyo en estos años en situaciones dentro y fuera de la escuela con un espíritu de compañerismo y por ultimo y no menos importante a Magda a quien agradezco especialmente por su apoyo y amor incondicional siempre poniendo una sonrisa en mi aun hasta en los momentos más difíciles.

Gracias por su apoyo y por confiar en mí.

## LA TÉCNICA AL SERVICIO DE LA SALUD

**Luis Fernando Rodríguez Ramírez. Ing. Gonzalo García Casas\*, Ing. Yanet Contreras Cerón\***  
*Ing. Gonzalo Casas García, Centro Médico Nacional 20 de Noviembre, gcgonz@gmail.com.*

Palabras clave: Hospital, sensor, mantenimiento, adaptación, Lokomat®.

**Introducción.** Tercer Nivel de Atención Médica es aquel que asiste a usuarios referidos por niveles inferiores con problemas de salud poco frecuentes y muy complejos que requieren de tecnología sofisticada y personal altamente calificado. Se considera que en este nivel se resuelven de 3 – 5% de los problemas de salud. Este se divide en: Hospital de especialidades.- de atención por personal especializado y atiende principalmente a pacientes internos. Hospital de alta especialidad (centro médico).- atendido por personal altamente especializado, atiende principalmente a pacientes internos.

La estancia hospitalaria industrial fue realizada en dos hospitales diferentes: Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán (INCMNSZ) y en el Centro Médico Nacional 20 de Noviembre (CMN20N).

El INCMNSZ (ilustración 1) es un Centro de atención médica, enseñanza e investigación para la prevención y tratamiento de algunas enfermedades en adultos. El tipo de problemas que se atienden en el instituto nacional de ciencias medicas y nutrición Salvador Zubirán abarca enfermedades que no pueden ser resueltas en otras instituciones médicas. Específicamente, en el Instituto se atienden problemas complejos de Medicina Interna.

El CMN20N (ilustración 1, derecha) es una institución que cuenta con la tecnología de vanguardia en equipos médicos, así como también el mejor equipo humano, comprometidos con la derechohabencia, dando un servicio de calidez y calidad, generando nuevas tendencias en la atención, a través de una constante innovación de formas operativas y de una ideología totalmente enfocada al servicio, brindando atención médica de alta especialidad.

**Metodología.** Como se menciona anteriormente, la estancia se llevó a cabo en dos partes; la primera parte se realizó en el INCMNSZ realizando actividades de servicio técnico a equipo de laboratorios en el departamento de Ingeniería Biomédica y la segunda en el CMN20N realizando la verificación de instalación y puesta en marcha de un equipo de terapia física así como la participación en el desarrollo de un sistema modular de sensado con interface USB.



Ilustración 1 INCMNSZ y CMN20N

En el INCMNSZ los mantenimientos preventivos realizados durante la estancia se encuentra únicamente equipo de laboratorio. El equipo realizado en mantenimiento preventivo abarcó:

- Agitadores de tubos
- Autoclaves
- PH metros
- Parrillas de calentamiento
- Parrillas de calentamiento con agitación, entre otros.

En el CMN20N se llevó a cabo:

Verificación de la instalación del equipo médico Lokomat® usado en terapia física.

Participación en el diseño de un sistema modular de sensado y sistema mínimo con interface USB.

Resultados. Se logró con éxito el mantenimiento correctivo y preventivo a equipo médico de laboratorio haciendo uso de una política de calidad que garantiza el buen funcionamiento de los equipos.

Se instaló y dejó funcionando el equipo de terapia física Lokomat®, ilustración 2, logrando una vinculación no solo con la empresa que colocaría el equipo sino con el personal que labora en esa área y también con el personal de mantenimiento que realizaron las adecuaciones estructurales.

Se realizó con éxito un sistema de sensado de temperatura con posibles aplicaciones para cirugía experimental



Ilustración 2 Puesta en marcha del equipo Lokomat®.

**Conclusiones.** Se enriqueció con éxito la formación profesional mediante la aplicación de conocimientos en gestión de calidad y funcionamiento de equipos médicos así como se identificó el papel que desempeña el ingeniero biomédico en la puesta en marcha de equipo médico para terapia física. Se logró conjuntar las técnicas aprendidas en la formación profesional para ser aplicadas en las actividades de índole hospitalaria para dar un servicio de calidad

**Agradecimientos.** Al Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán y al Centro Médico Nacional 20 de noviembre por la oportunidad brindada para desarrollar este trabajo así como a los asesores interno y externo por la valiosa guía para el desarrollo de este trabajo.

**Referencias.** <http://www.innsz.mx> <http://www.innsz.mx>

## Contenido

INTRODUCCION .....	1
TERCER NIVEL DE ATENCIÓN MÉDICA.....	1
INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS MÉDICAS Y NUTRICION “SALVADOR ZUBIRAN” .....	1
VISIÓN (INCMNSZ).....	2
OBJETIVOS (INCMNSZ).....	2
ÁREAS ATENDIDAS POR EL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA BIOMÉDICA DIVISIÓN DE LABORATORIOS DONDE FUE REALIZADA LA ESTANCIA.....	7
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA BIOMÉDICA .....	8
ACTIVIDADES DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA BIOMÉDICA .....	9
INTRODUCCION “CENTRO MEDICO NACIONAL 20 DE NOVIEMBRE” ISSSTE .....	10
MISIÓN.....	13
VISIÓN.....	13
OBJETIVOS (CMN 20 DE NOV).....	15
JUSTIFICACIÓN.....	16
OBJETIVOS.....	17
METODOLOGIA .....	18
ACTIVIDADES REALIZADAS DURANTE LA ESTANCIA HOSPITALARIA EN EL INCMNSZ ...	18
ACTIVIDADES REALIZADAS EN CMN 20 DE NOVIEMBRE .....	26
VERIFICACIÓN DE INSTALACIÓN DE EQUIPO (LOKOMAT®).....	26
INSTALACIÓN DEL LOKOMAT® REALIZADA POR TÉCNICOS DE HOCOMA .....	31
ADECUACIONES REALIZADAS AL ÁREA .....	32
CAPACITACIÓN Y PUESTA EN MARCHA .....	36
PARTICIPACIÓN EN EL DISEÑO DE SISTEMA MODULAR DE SENSADO Y SISTEMA MÍNIMO CON INTERFACE USB .....	42
RESULTADOS (INCMNSZ) .....	54
RESULTADOS (20 DE NOVIEMBRE).....	54
CONCLUSIONES .....	55
ANEXOS.....	56
BIBLIOGRAFIA.....	82

## INTRODUCCION

### TERCER NIVEL DE ATENCIÓN MÉDICA

Aquel que asiste a usuarios referidos por niveles inferiores con problemas de salud poco frecuentes y muy complejos que requieren de tecnología sofisticada y personal altamente calificado. Se considera que en este nivel se resuelven de 3 – 5% de los problemas de salud.

Este se divide en:

Hospital de especialidades.- de atención por personal especializado y atiende principalmente a pacientes internos.

Hospital de alta especialidad (centro médico).- atendido por personal altamente especializado, atiende principalmente a pacientes internos.

### INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS MÉDICAS Y NUTRICION “SALVADOR ZUBIRAN”

El INCMNSZ (ilustración 1) es un Centro de atención médica, enseñanza e investigación para la prevención y tratamiento de algunas enfermedades en adultos.

El tipo de problemas que se atienden en el instituto nacional de ciencias medicas y nutrición Salvador Zubirán abarca enfermedades que no pueden ser resueltas en otras instituciones médicas. Específicamente, en el Instituto se atienden problemas complejos de Medicina Interna en las siguientes áreas:

- ⊙ Enfermedades de glándulas endocrinas y metabólicas
- ⊙ Enfermedades digestivas
- ⊙ Enfermedades del hígado y páncreas
- ⊙ Enfermedades del riñón y vías urinarias
- ⊙ Enfermedades genéticas en adultos
- ⊙ Trastornos de la sangre
- ⊙ Infecciones crónicas
- ⊙ Enfermedades reumáticas
- ⊙ Cirugía de abdomen y de glándulas endocrinas
- ⊙ Trasplantes



**Ilustración 3 INCMNSZ**

En el Instituto se atienden, problemas ginecológicos y relacionados al embarazo o parto, pero se excluyen problemas de especialidades en las cuales existan ya instituciones de alta especialidad como: cardiología, dermatología, neurología, enfermedades respiratorias, oncología, ortopedia, problemas de oídos, nariz, garganta o de la vista, alteraciones psiquiátricas, heridas ni traumatismos de cualquier tipo así como menores de edad.

### **VISIÓN (INCMNSZ)**

Ser una institución de salud líder nacional e internacional por la excelencia en la asistencia, docencia e investigación con una red de centros afiliados que apliquen el mismo modelo integrador.

### **OBJETIVOS (INCMNSZ)**

En el año 2007 se redefinió el plan estratégico del Instituto estableciéndose los siguientes objetivos:

1. Proporcionar atención médica especializada, integral y de alta calidad a población adulta.
2. Ampliar la participación y repercusión de las actividades sustantivas a nivel nacional.
3. Formar recursos humanos al más alto nivel científico y técnico, con actitud ética y responsabilidad social.

4. Proporcionar asesoría a los sectores público, social y privado, en las áreas de su competencia.
5. Fortalecer la participación del Instituto en la educación continua para profesionales de la salud y en la educación para la salud de la población.
6. Fortalecer los programas de investigación y de innovación tecnológica que contribuyan al desarrollo del conocimiento o al bienestar social.
7. Desarrollar un modelo de administración integral innovador que fortalezca las actividades sustantivas.
8. Impulsar un modelo de desarrollo organizacional innovador que favorezca el desempeño óptimo y seguro de las actividades institucionales.

### *ANTECEDENTES HISTÓRICOS (INCMNSZ)*

El Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán nació gracias a la visión del Dr. Salvador Zubirán, su fundador, quién desde 1944 inició la transformación y modernización de lo que se conocía como Servicio de Enfermedades de la Nutrición del Hospital General de la Ciudad de México, en el Hospital de Enfermedades de la Nutrición, con un gobierno independiente de aquel.

Desde su fundación se concibió como una institución médica modelo en que las actividades de asistencia, enseñanza e investigación fueran los ejes de su actividad. Con el paso del tiempo se convirtió en una institución líder de la medicina mexicana que a través de sus egresados ha tenido un gran impacto en todo el país.

- 1946 Se inaugura formalmente el 12 de octubre con el nombre de Hospital de Enfermedades de la Nutrición. Consta de una consulta externa, 120 camas para internación, servicios de laboratorios y gabinetes y tres departamentos médicos: endocrinología, gastroenterología y hematología.
- 1948 Se publica el primer número de la Revista de Investigación Clínica, que ha aparecido puntualmente hasta el presente y es de las revistas mexicanas más reconocidas dentro y fuera del país.
- 1960 Con un donativo de la Fundación Rockefeller se constituye la oficina de Enseñanza que sistematiza esta actividad y hace del Hospital el sitio más codiciado del país para realizar estudios de postgrado en las ramas que maneja.



- 1970 El Hospital se cambia a nuevas instalaciones en el sur de la ciudad, conservando un número similar de camas y aprovechando la situación para aumentar y formalizar los servicios médicos que otorga, constituyéndolos en Departamentos de diversas especialidades, todos muy activos en la enseñanza e investigación.
- 2000 Con fecha 26 de mayo de 2000 se cambia el nombre de Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Zubirán por el de Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, nombre que refleja más adecuadamente las actividades de atención médica, investigación y enseñanza que se desarrollan en el Instituto, en el ámbito de la medicina interna, la cirugía y la nutrición.

## CROQUIS



Ilustración 4 Instalaciones del instituto nacional de nutrición Salvador Zubirán

## UBICACIÓN

Vasco de Quiroga 15  
 Colonia Sección XVI  
 Tlalpan C.P.14000  
 México D.F., México



Ilustración 5 Ubicación INCMNSZ

ORGANIGRAMA INCMNSZ

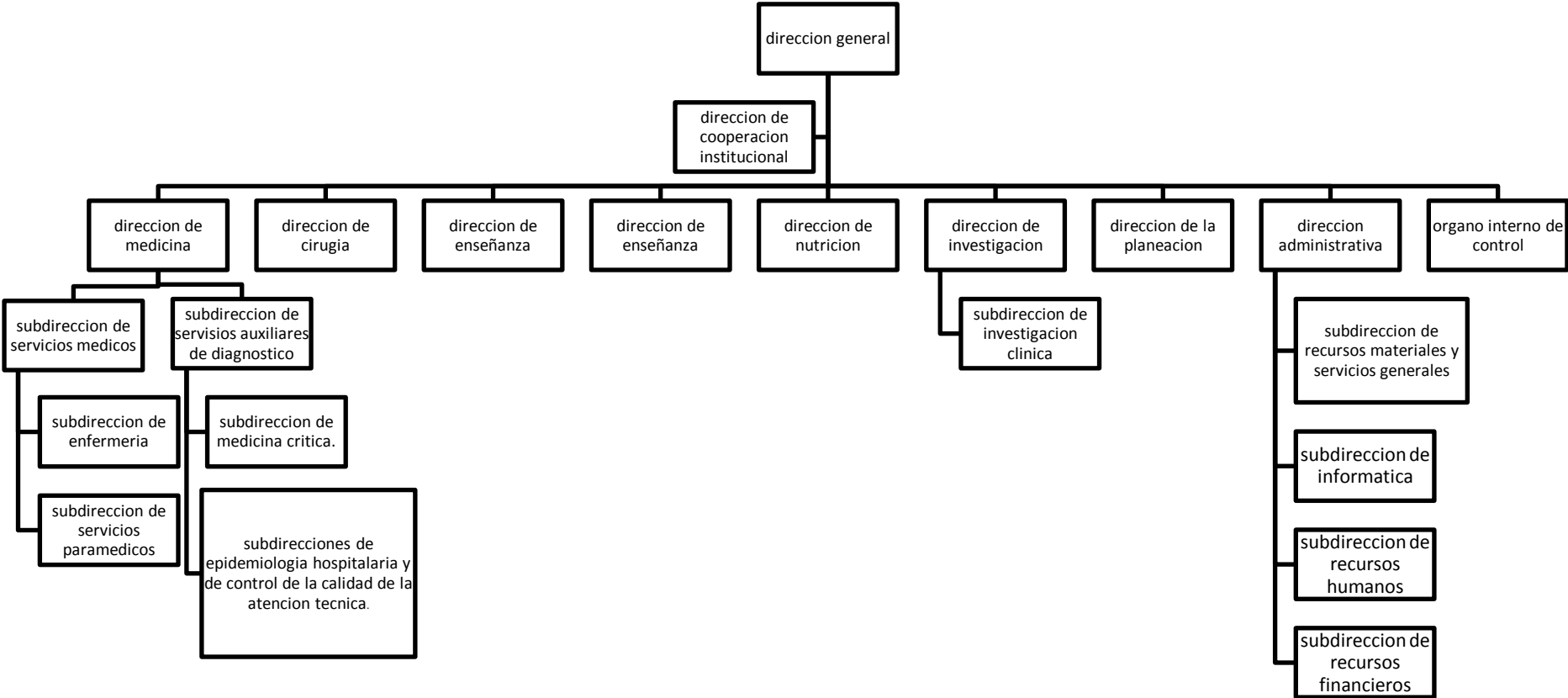


Ilustración 6 Organigrama INCMNSZ

## ÁREAS MÉDICAS CON LAS QUE CUENTA EL INCMNSZ

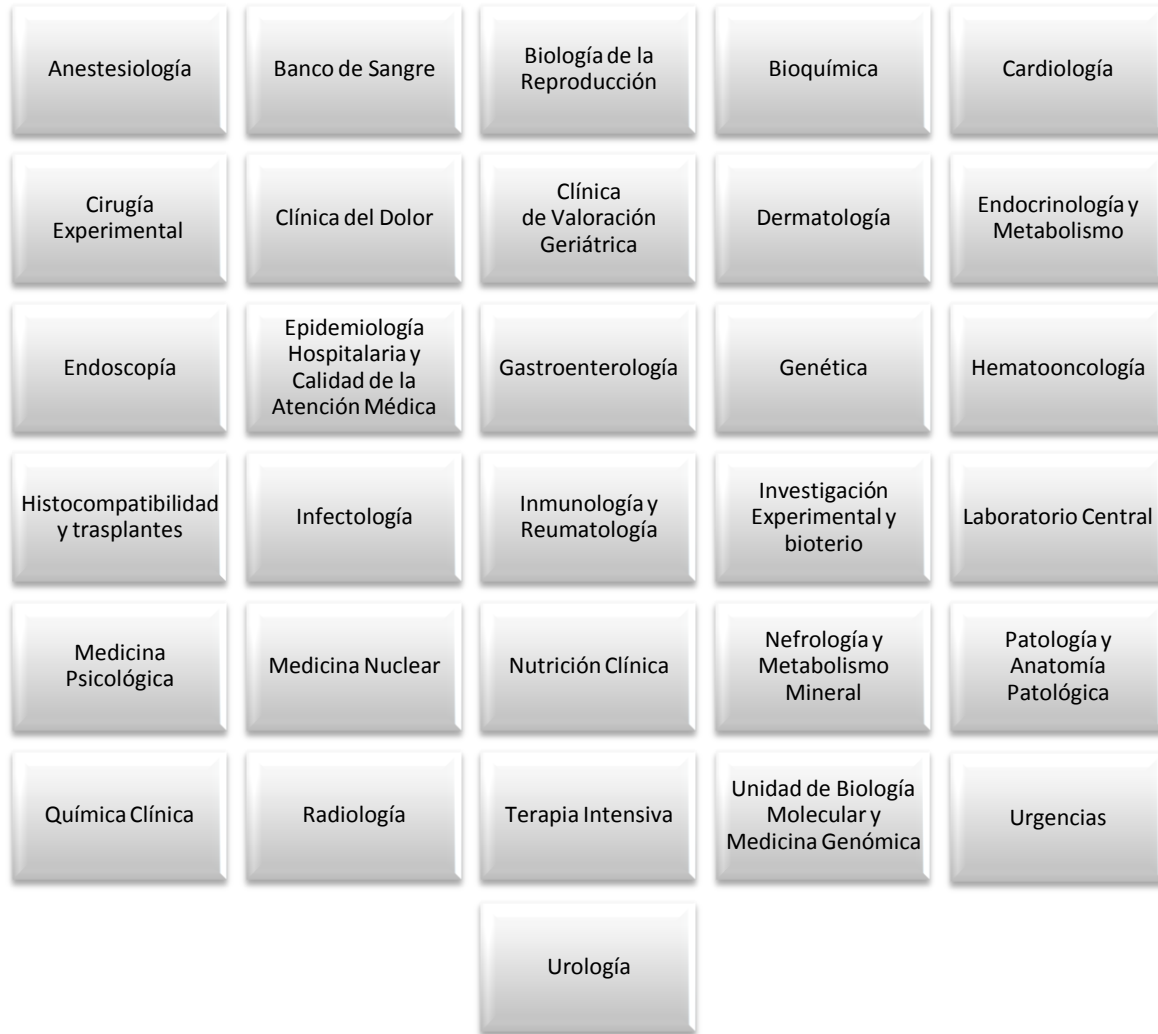
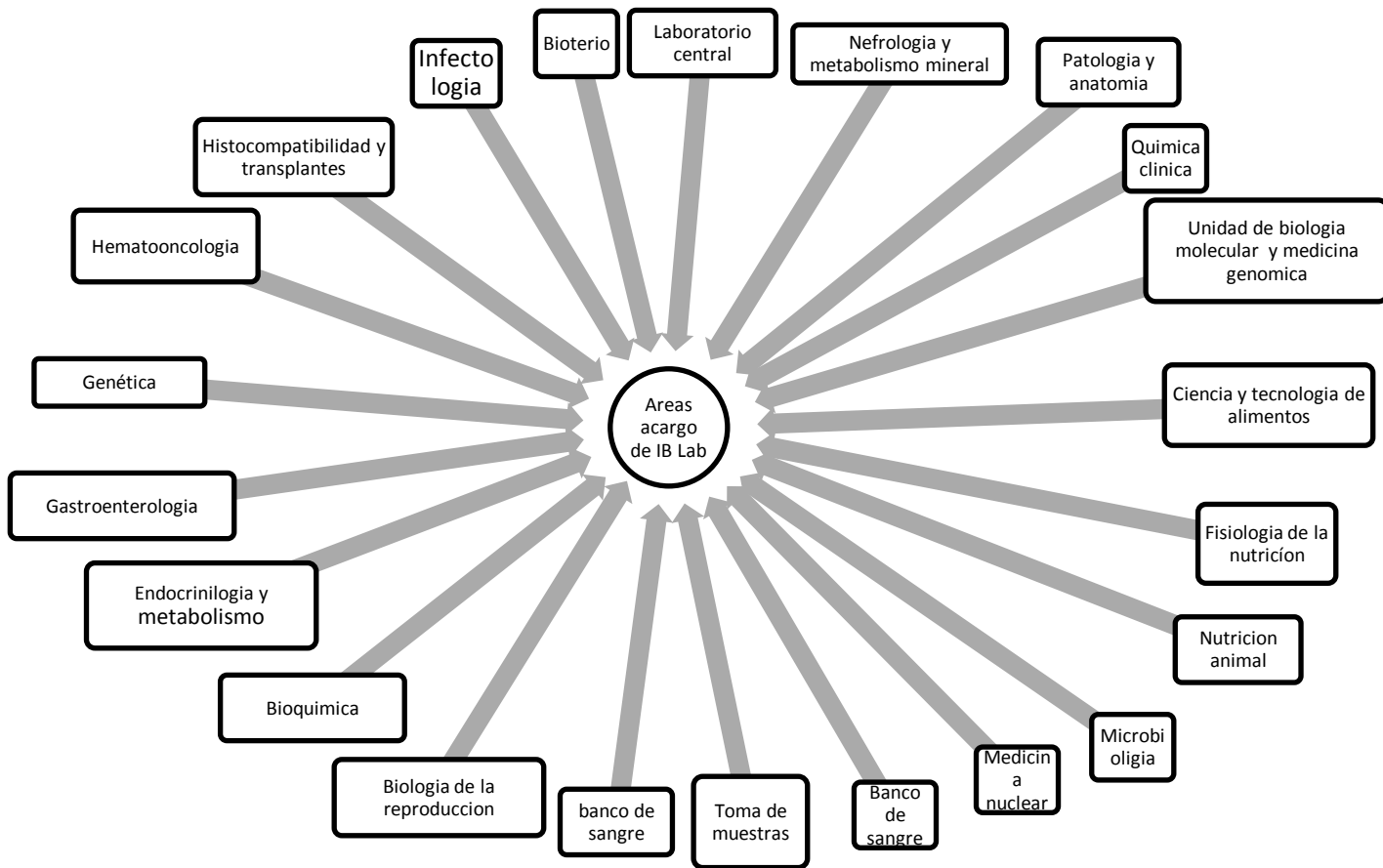


Ilustración 7 Áreas hospitalarias

**ÁREAS ATENDIDAS POR EL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA BIOMÉDICA DIVISIÓN DE LABORATORIOS DONDE FUE REALIZADA LA ESTANCIA.**



**Ilustración 6** Áreas atendidas por el departamento de Ingeniería Biomédica.

## **DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA BIOMÉDICA**

### ***MISIÓN (DEPARTAMENTO)***

Proporcionar servicios de ingeniería biomédica de la más alta calidad para asegurar que la tecnología médica utilizada en el tratamiento, diagnóstico de pacientes e investigación sea confiable y segura a través de procedimientos en los que ponemos a funcionar nuestros conocimientos y el amor por nuestro trabajo, así como la convicción de hacer las cosas bien a la primera. El hacerlo así nos da la certeza de que estamos trabajando para que el paciente cuente con tecnología médica funcional y que trascenderemos a través del trabajo.

### ***VISIÓN (DEPARTAMENTO)***

Ser modelo de departamento de ingeniería biomédica al servicio del hombre, por nuestro nivel de atención y la capacidad de resolución de problemas mediante la superación constante y el desarrollo de nuestro trabajo así como la aplicación de métodos científicos y recursos tecnológicos.

### ***VALORES***

- Libertad
- Ética profesional
- Respeto por nuestro trabajo y compañeros
- Justicia
- Paz
- Honestidad

### ***ORGANIGRAMA DEL DEPTO DE INGENIERÍA BIOMÉDICA.***

En la ilustración 7 se muestra el organigrama del departamento de Ingeniería Biomédica:



Ilustración 7 Organigrama departamento de Ingeniería Biomédica

## ACTIVIDADES DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA BIOMÉDICA

- Control de reportes de usuario (CRU)
- Mantenimiento preventivo (MP)
- Mantenimiento correctivo (MC)
- Adquisición de refacciones y servicio técnico externo
- Supervisión de contratos de servicio técnico a equipo
- Recepción de equipo nuevo
- Revisión diaria de equipo medico
- Cursos de capacitación
- Evaluación de equipo durante la licitación
- Verificación de ventiladores
- Medición, análisis y mejoras

### *POLÍTICA DE CALIDAD.*

Los integrantes del departamento de ingeniería biomédica: buscan satisfacer las expectativas servicio de los usuarios del INCMNSZ y están comprometidos en aumentar la eficiencia por medio de un sistema de gestión de calidad enfocado a la mejora continua.

## INTRODUCCION "CENTRO MEDICO NACIONAL 20 DE NOVIEMBRE" ISSSTE

Esta institución cuenta con la tecnología de vanguardia en equipos médicos, así como también el mejor equipo humano, comprometidos con la derechohabencia, dando un servicio de calidez y calidad, generando nuevas tendencias en la atención, a través de una constante innovación de formas operativas y de una ideología totalmente enfocada al servicio, brindando atención médica de alta especialidad.

En el **CMN "20 de Noviembre"** (ilustración9) se está escribiendo la historia con dinamismo y decisión, empeñándose en hacer realidad la visión de la institución, ser la cúspide del sistema de servicios de salud del Instituto.

### *ANTECEDENTES HISTORICOS (CMN 20 de noviembre)*

#### CRONOLOGIA:

1940.- El empresario Antonio Fajer, pone en marcha el proyecto para la construcción del hospital privado "Fajer" quedando inconcluso.

1950.- La Secretaría de Hacienda y Crédito Público, adquiere el inmueble inconcluso para edificar un hospital para maestros y una escuela de enfermería.

1959.- Se establece un fideicomiso entre la Dirección General de Pensiones y el Banco Nacional Hipotecario, para concluir la obra y crear el Centro Hospitalario "20 de Noviembre"

1959-1961.- Los Arquitectos Enrique y Agustín Landa son los encargados del proyecto arquitectónico y la construcción del Hospital.

1961.- Se inauguró el 16 de mayo de 1961, el costo de inversión del proyecto de construcción fue de \$100,000,000.00 M.N. de los cuales 70 fueron para la construcción y 30 para equipamiento.

1986.- El Centro Hospitalario, cambió su denominación pasando a ser Hospital Regional, esta acción amplió su capacidad de servicios otorgados al derechohabiente, el equipamiento con que contaban eran:

- 590 Camas censables.
- 201 Camas no censables.
- 261 Consultorios.
- 12 Salas de Radiología.
- 2 Bombas de Cobalto 60.
- 2 Gamma cámaras.
- 1 Acelerador lineal.
- 75 Peines de laboratorio.
- 78 Camas de medicina crítica.
- 21 Quirófanos.

Su cobertura de atención médica es de 1ro. 2do. y 3er. nivel, su capacidad de atención a la derechohabiencia aumentó a 593,758 personas.



**Ilustración 8 Foto de fachada del Centro Médico Nacional 20 de Noviembre**



## CROQUIS DE INSTALACIONES



Ilustración 9 croquis de instalaciones

## UBICACION

Av. Félix Cuevas #540  
Col. Del Valle Del. Benito Juárez  
C.P. 03229, México, D.F



Ilustración 10 croquis de vista superior del centro medico

*Puestos importantes CM 20 de noviembre*

<b>Puesto</b>	<b>Nombre</b>	<b>e-mail</b>
<b>Director</b>	Rafael M. Navarro Meneses	ranavarro@issste.gob.mx
<b>Coordinación de Asistentes de la Dirección</b>	Félice H. Gómez Ballesteros	felgomez@issste.gob.mx
<b>Coordinación de Planeación</b>	Eduardo Guzmán Morales	eguzman@issste.gob.mx
<b>División de Registros Hospitalarios</b>	Enrique Carrillo	Díaz ediazc@issste.gob.mx
<b>Control de Programas</b>	Marcos E. Manzano Castro	mmanzano@issste.gob.mx
<b>Coordinación de Supervisión y Control de la Gestión Hospitalaria</b>	Raúl Bajonero Gil	rbajonero@issste.gob.mx
<b>Auditor</b>	Enrique Salmerón Catalán	aesalmeron@issste.gob.mx
<b>División de Asuntos Jurídicos</b>	Victor Hugo Rangel Rios	vhrangel@issste.gob.mx
<b>Oficina de Atención al Derechohabiente</b>	Fernando Olvera Almaral	folvera@issste.gob.mx

Tabla 1 Puestos importantes CMN 20 de Noviembre

### **MISIÓN**

Brindar atención médica de alta especialidad, satisfaciendo las necesidades de la derechohabencia del Instituto con eficiencia, efectividad y trato humanitario acorde con la normativa vigente.

### **VISIÓN**

Ser la cúspide del sistema de servicios de salud del Instituto, mediante su fortalecimiento como unidad de atención médica de excelencia tanto asistencial como científico - académico acordes a las necesidades de la derechohabencia.



**Ilustración 11 Vista panorámica del edificio principal del Centro Médico nacional 20 de noviembre**

## *VALORES*

### Ética

Es la forma en que cada persona interpreta las normas morales, es decir, es la forma en la que se cumple una norma que esta impuestas por la sociedad. Expresa respeto a los Principios de Actuación Profesional.

### Honestidad

Es una cualidad humana consistente en comportarse y expresarse con coherencia y sinceridad, de acuerdo con los valores de verdad y justicia. Expresa respeto por uno mismo y por los demás.

### Desarrollo

El compromiso de pertenecer a una Entidad Hospitalaria de Alta Especialidad nos hace comprometernos en la Mejora Continua de los Servicios, de adquirir Conocimientos y Tecnología de Vanguardia, que es base de una Superación Personal con el apoyo de Programas de Capacitación, de Actualización, de Adiestramiento, y de Enseñanza e Investigación.

## Respeto

Es reconocer, apreciar y valorarse a uno como persona y al entorno, y en los demás sus derechos y virtudes con dignidad, dándoles a cada quién su valor. Esta igualdad exige un trato atento y respetuoso hacia todos.

## Espíritu de Servicio

Es posible cuando hay facilidad de desprendimiento; este sentimiento produce un ambiente de enriquecimiento, respeto, apoyo y solidaridad. Está basado en la colaboración y el esfuerzo de otras personas, nuestros conocimientos y habilidades, están a la disposición de los Derechohabientes.

### **OBJETIVOS (CMN 20 DE NOV)**

- Promover, obtener y mantener la salud de los derechohabientes.
- Proporcionar atención médica integral a los derechohabientes de su área de influencia, al menor costo posible y con el más alto sentido humano,
- Desarrollar personal multidisciplinario en el campo de la salud e incrementar los niveles de eficacia y eficiencia institucional.
- Establecer los programas de investigación de acuerdo a las necesidades de salud de la población derechohabiente.

## **JUSTIFICACIÓN.**

Hoy en día la función del ingeniero biomédico tiene un papel muy importante en el área hospitalaria, principalmente en las instituciones de tercer nivel tales como el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán y el CMN 20 de noviembre, ya que este puede ser de aspecto técnico al realizar actividades tales como proporcionar servicio a los equipos médicos para conocer y entender su funcionamiento, así como en su evaluación y desarrollo mismo de la institución, es primordial conocer las necesidades, en situaciones críticas y reales de los problemas que surgen en una institución hospitalaria para conocer las funciones principales de un ingeniero biomédico así como obtener un aporte curricular de esta experiencia, habilidades y conocimientos.

## OBJETIVOS

### *OBJETIVO GENERAL*

- ⦿ Desempeñar el papel de ingeniero biomédico dentro de una institución del sector salud para identificar el impacto de este en las instituciones hospitalarias del sector público aplicando los conocimientos obtenidos durante la formación profesional así como conocimientos nuevos obtenidos de la realización de las actividades.

### *OBJETIVOS PARTICULARES*

- ⦿ Relacionar los conocimientos teóricos con una aplicación práctica integral en el ambiente de servicio a equipo de laboratorio en el INCMNSZ y conocer más acerca de estos.
- ⦿ Identificar el impacto del ingeniero biomédico en el área de servicio a equipo de laboratorio en relación a el INCMNSZ
- ⦿ Identificar el impacto del ingeniero biomédico en la puesta en marcha de proyectos en el ambiente hospitalario.
- ⦿ Desarrollar un sistema de sensado de temperatura para su posible uso a futuro en el área de cirugía experimental.
- ⦿ Identificar las necesidades técnicas de una institución de tercer nivel del sector público como INCMNSZ y .el CMN 20 de noviembre.
- ⦿ Obtener la opción de titulación por este medio.

## METODOLOGIA

La estancia se llevó a cabo en dos partes; la primera parte se realizó en el Instituto Nacional de Ciencias Medicas y Nutrición Salvador Zubirán realizando actividades de servicio técnico a equipo de laboratorios en el departamento de Ingeniería Biomédica y la segunda en el Centro Médico Nacional 20 de noviembre realizando la verificación de instalación y puesta en marcha de un equipo de terapia física así como la participación en el desarrollo de un sistema modular de sensado con interface USB.

### ACTIVIDADES REALIZADAS DURANTE LA ESTANCIA HOSPITALARIA EN EL INCMNSZ

Las actividades realizadas en el departamento de servicio técnico a laboratorio del Instituto Nacional de Ciencias Medicas y Nutrición Salvador Zubirán al equipo de áreas afines con laboratorio como se menciona antes en la ilustración 12

A continuación se menciona los procedimientos comúnmente utilizados en ingeniería biomédica y abarcan los siguientes.

Proceso actividades realizadas diariamente en el departamento de ingeniería biomédica.

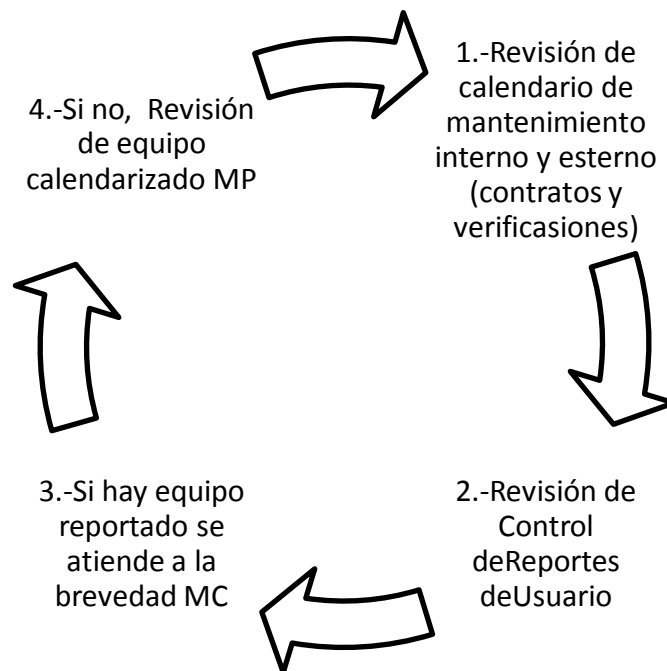


Ilustración 12 Diagrama de proceso de actividad diaria realizada en el departamento de servicio a laboratorios de el INCMNSZ

## Mantenimiento Preventivo

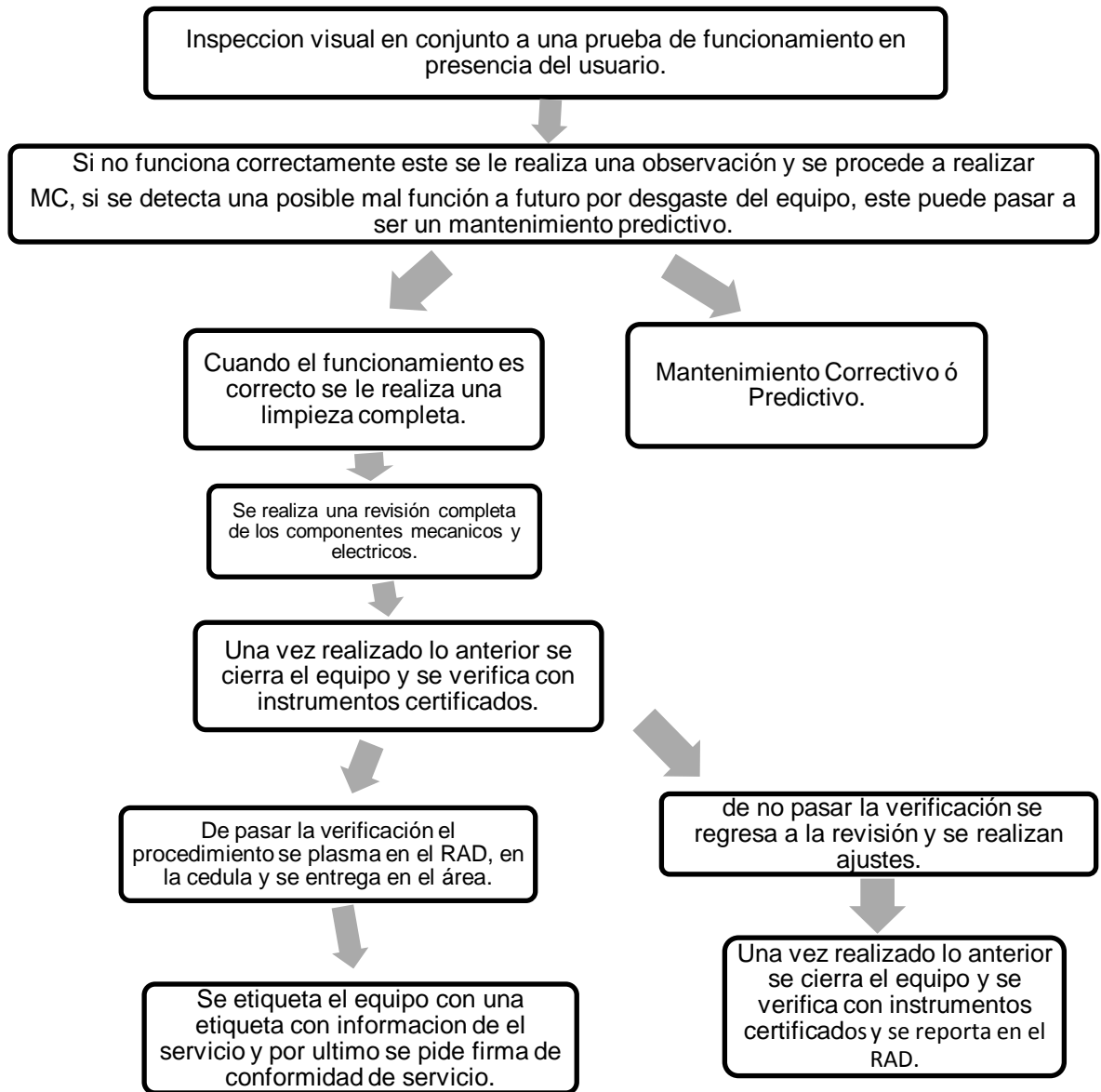


Ilustración13 Diagrama de proceso de mantenimiento preventivo



## Mantenimiento Correctivo

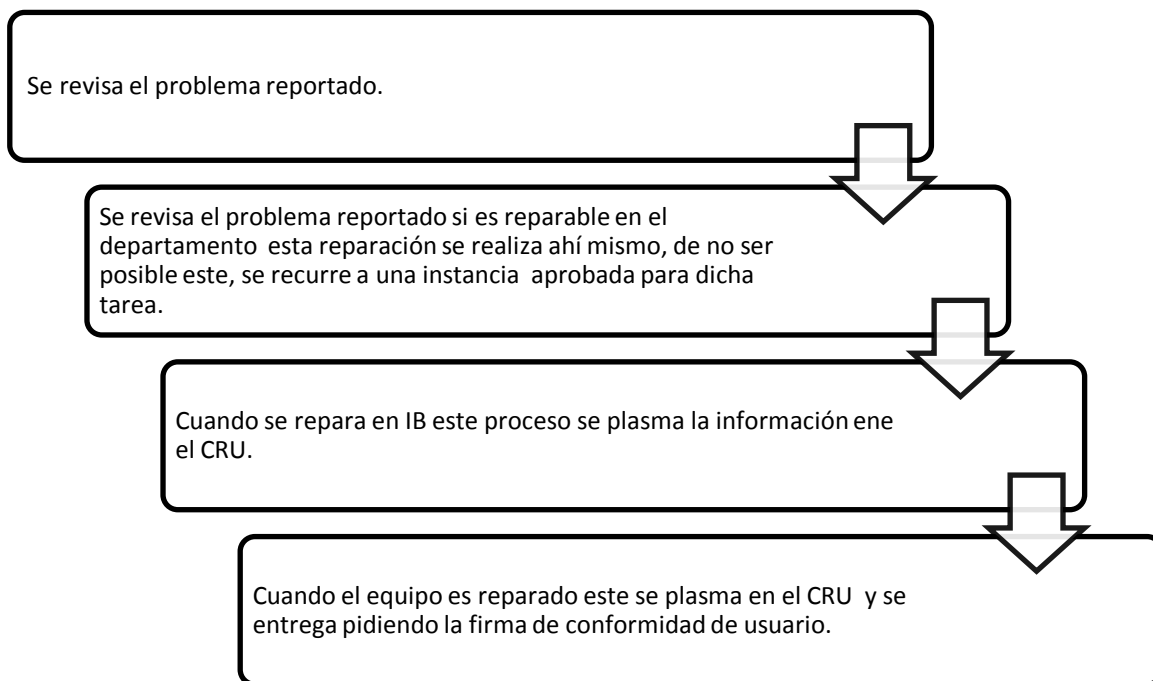


Ilustración 14 Diagrama de proceso de mantenimiento correctivo.

## Reporte de Actividades Diarias (RAD)

Registra todas actividades personales realizadas en el departamento de ingeniería biomédica y debe contener la fecha en la que se realizó, hora a la que se inicio, hora a la que se termino, una observación si existe y la firma de conformidad de usuario.

## Control de reportes de usuario (CRU)

Este se encuentra a manera de base de datos donde se lleva control de las actividades de ingeniería biomédica como; Revisión de Equipos, mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo, mantenimiento predictivo, asesorías, supervisión de contratos y verificación de equipos entre otras y también contiene el inventario completo de el equipo médico y laboratorio del instituto, todo esto de una manera más sencilla y eficiente para el usuario ya que aparece en formato de formulario predeterminado donde se despliega la información predeterminada de cada reporte y lo único que hay que

redactar son las observaciones realizadas en los servicios en caso de realizarse una o varias.

### *Mantenimiento preventivo (MP)*

Previo a este se emite un calendario de mantenimiento por departamento cada fin de año y se entrega a las áreas para que estén enterados y se pueda disponer del equipo el día que su mantenimiento sea programado.

Este es un procedimiento que consiste en dar al equipo médico o de laboratorio calendarizado una revisión general así como lo necesario de acuerdo con su manual de servicio para mantenerlo en óptimas condiciones con la finalidad mantener un servicio de atención médica ininterrumpido, abarcando reparaciones que lleguen a ser requeridas durante este.

Antes de realizar el servicio se debe tomar en cuenta varios puntos de protección personal para la manipulación del equipo; guantes, desinfectante, googles y cubrebocas dependiendo de cuando se requiera y el área donde se lleve a cabo el servicio ya que hay equipos que no pueden salir de su área propia como las autoclaves, incubadoras con CO<sub>2</sub>, entre otros.

El mantenimiento preventivo consiste en los siguientes pasos (ilustración 12).

1. Se le realiza una inspección visual al equipo en conjunto a una prueba preliminar de funcionamiento que consiste en revisar a conciencia todas las funciones que puede realizar el equipo y revisar que estas sean adecuadas y en caso de no serlo se realiza la observación pertinente y se evalúa si se puede reparar en el momento o convierte en MC el proceso.
2. Después de la inspección se realiza una limpieza interna y externa del equipo con la finalidad de eliminar partículas o sustancias que afecten la funcionalidad del equipo.
3. Se realiza una verificación de los parámetros usados por el equipo como presión, humedad, intensidad de luz, entre otros
4. Se realiza una prueba partes eléctricas, esta consiste principalmente en revisar la continuidad del cable, revisar que cuente con vivo, neutro y tierra
5. Llenado de cedula.- esta es para control interno de los mantenimientos donde se vacía la información predeterminada en los manuales técnicos y rutinas de mantenimiento preventivo con las respectivas observaciones.

6. Se entrega el equipo al usuario etiquetado con la etiqueta con los datos de la tabla 2 y se realiza una prueba de funcionamiento con el usuario presente para que firme el RAD del personal de ingeniería biomédica para aceptar el servicio.

*Mantenimiento Preventivo
*Equipo-(en este se indica el equipo al que se le realizo MP con la abreviación de ingeniería biomédica.)
*Fecha -(fecha en la que se entrega el equipo)
*Fecha de MP próximo- se presenta la próxima fecha de mantenimiento según el calendario
*Quien realizo el MP- Personal de ingeniería biomédica que realizo el mantenimiento.

**Tabla 2 Datos de etiqueta de mantenimiento preventivo**

En los mantenimientos preventivos realizados durante la estancia en el instituto se encuentra únicamente equipo de laboratorio. El equipo realizado en mantenimiento preventivo abarcó:

- Agitadores de tubos
- Autoclaves
- PH metros
- Parrillas de calentamiento
- Parrillas de calentamiento con agitación
- Placas de agitación magnética
- Incubadoras de CO2
- Hornos
- Micro pipetas automáticas
- Baños maría
- Baños maría con agitación
- Equipos de filtrado de agua
- Equipos de ultrafiltración de agua
- Centrifugas

- Cito centrifugas
- Termocicladores
- Centrifugas refrigeradas
- Micro centrifugas
- Fuentes de alimentación de cámaras de electroforesis

Los rangos mencionados anteriormente varían de equipo a equipo y estos son verificados con equipos de medición certificados<sup>2</sup> por una unidad de verificación con certificado vigente, ya que de no estar vigente la calibración del equipo de medición este se descarta para la revisión del equipo por cuestiones de calidad en el servicio.

En la siguiente relación se ilustran algunos equipos con los parámetros a revisar con el instrumental calibrado.

<b>Equipo</b>	<b>Parámetro(s)</b>	<b>Instrumento(s) de medición</b>
<b>Centrifuga</b>	número de revoluciones y tiempo	Tacómetro y cronometro
<b>PHmetro</b>	nivel de PH	Soluciones buffer y simulador de PH
<b>Incubadoras con CO2</b>	temperatura, humedad y nivel de CO2	Termopar, Fyrita y termohigrometro
<b>Fuente de electroforesis</b>	voltaje	Multímetro digital
<b>Autoclaves</b>	Temperatura, presión, tiempo	Termopar, Sensor de presión t cronometro
<b>Thermoblock, parrilla de calentamiento y estufa de cultivo</b>	Temperatura	Termopar acoplado con multímetro digital
<b>No break</b>	Voltaje de salida	multímetro digital

Tabla 3 Instrumentos de medición para cada tipo de equipo.

Las observaciones comprenden una amplia gama de situaciones que se pueden encontrar en la realización del mantenimiento, como el reemplazo de una parte del equipo o algún averío extra descubierto en la realización de este, que afecte la funcionalidad o sea imperceptible por el usuario, cualquier observación realizada debe ser plasmada a la

bitácora del equipo y a su vez digitalmente al CRU con todo lo realizado al equipo en cuestión. Por ejemplo, durante el MP de una centrifuga esta presentó un malfuncionamiento derivado del desgaste de los carbones acoplados al motor y tienen que ser reemplazados a la brevedad, esta acción debe quedar plasmada como una observación y dependiendo de la gravedad del averío se podría considerar incluso para registrarlo como un MC.

En casos especiales el mantenimiento preventivo se puede reportar como un mantenimiento correctivo a pesar de no haber comenzado como tal en caso de detectar alguna avería durante el MP.

### *Mantenimiento correctivo*

En este se deben corregir fallas presentadas en el equipo que hayan sido reportadas por el usuario, cabe mencionar que se deben resolver de 1 a 3 días máximo en el 84% de los casos reportados al CRU. Y que los equipos deben estar funcionando al menos 90% del tiempo que se les requiere siguiendo el procedimiento (ilustracion13).

Entre los equipos realizados para mantenimiento correctivo se encuentran los mismos que en mantenimiento preventivo pero con la diferencia que en la autoclave se tuvo que acudir a la empresa a cargo ya que no se contaba con una refacción para su completa reparación lo cual se consideraría solo como verificación y en otro caso especial solo se dio la actividad de asistencia a la reparación de una de estas.

- Agitadores de tubos
- Autoclaves
- PH metros
- Parrillas de calentamiento
- Parrillas de calentamiento con agitación
- Placas de agitación magnética
- Incubadoras de CO2
- Hornos
- Micro pipetas automáticas
- Baños maría
- Baños maría con agitación
- Equipos de filtrado de agua
- Equipos de ultrafiltración de agua

- Centrifugas
- Cito centrifugas
- Autoclaves

Cabe destacar que estos no se encuentran calendarizados ya que se realizan cuando los equipos fallan.

Para la realización del MC se debe llevar un registro en el CRU donde se reportan las fallas detectadas por el usuario pero no en la bitácora del equipo ya que este mantenimiento no está programado, en el CRU se debe reportar el tiempo dedicado al mantenimiento por ingeniero ya que puede que más de un ingeniero se encargue de realizarlo así como reportar por completo el servicio realizado (el procedimiento de reparación).

#### *Mantenimiento predictivo*

Este apartado de mantenimientos corresponde a acciones realizadas a equipos cuando se cree que estos podrán tener una posible falla en un futuro. Entre las cosas destacables de mantenimientos predictivos se encuentra el cambio de control a un horno, este se rehabilitó para su mejor funcionamiento o el cambio oportuno y necesario de los filtros EPA de las incubadoras con CO<sub>2</sub> antes que el cambio sea necesario por mal función o caducidad de este mismo componente.

- ⦿ Estancia concluida en el periodo de octubre- marzo del 2010

## ACTIVIDADES REALIZADAS EN CMN 20 DE NOVIEMBRE VERIFICACIÓN DE INSTALACIÓN DE EQUIPO (LOKOMAT®)

### MARCO TEÓRICO

La terapia física, también conocida como rehabilitación funcional, es un programa diseñado para ayudar al paciente a mejorar o mantener sus capacidades funcionales (por ejemplo, actividades de la vida diaria). La terapia física incluye el desarrollo de la fuerza, flexibilidad y resistencia, así como el aprendizaje de la biomecánica apropiada (por ejemplo, la postura) para lograr la estabilidad de la columna y prevenir las lesiones.

Estos tratamientos habitualmente incluyen tratamientos tanto pasivos como activos. Los tratamientos pasivos incluyen la manipulación ortopédica, la estimulación eléctrica, la liberación miofascial, el ultrasonido y la aplicación de calor/hielo. El tratamiento activo incluye ejercicios terapéuticos, tales como los ejercicios en el suelo, los ejercicios con equipo especial y la terapia acuática o hidroterapia.

### Características (Lokomat®)

El concepto de “aprendizaje basado en tareas específicas”, basado en la neuroplasticidad, sugiere que las actividades de la vida cotidiana pueden entrenarse y mejorarse en pacientes neurológicos mediante repeticiones continuas. La terapia robotizada con Lokomat cumple este requisito y permite una terapia de locomoción funcional intensiva con feedback aumentado.

El movimiento funcional y la estimulación sensorial desempeñan un papel muy importante en la rehabilitación de pacientes neurológicos tras sufrir apoplejías, lesiones de la médula espinal o traumatismos cráneo – encefálicos graves, así como de pacientes con esclerosis múltiple, parálisis cerebral o trastornos neurológicos.

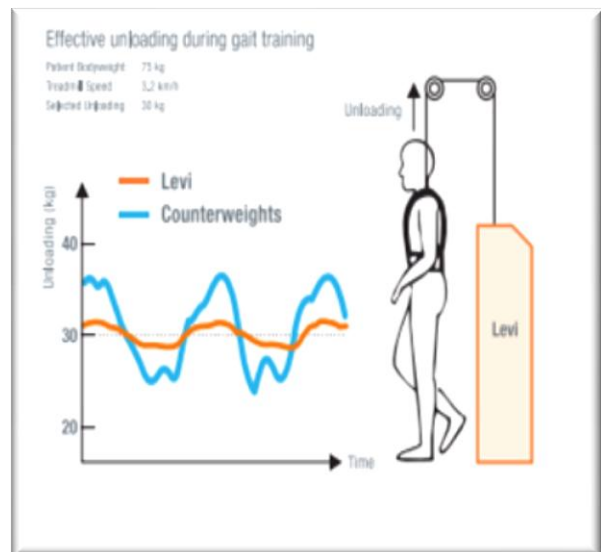


Ilustración 15 Esquema de sistema montado con descarga dinámica.

Al realizar terapias de locomoción funcional intensivas con entrenamientos manuales se requiere suficiente personal y mucho trabajo, y permite solo sesiones de entrenamiento relativamente cortas. El funcionamiento automatizado reduce el esfuerzo físico de los terapeutas y permite realizar sesiones terapéuticas más largas y eficientes.

Lokomat® Basic se compone de una órtesis de marcha robotizada y de un moderno sistema de descarga del peso corporal, combinados con una cinta rodante.

La elevación y descarga automatizada del paciente facilita el entrenamiento y permite realizar ajustes en tiempo real durante las sesiones terapéuticas.

## **BENEFICIOS**

- Una órtesis de marcha robotizada y automatizada dirige las piernas del paciente sobre la cinta rodante, ofreciendo una amplia variedad de entrenamientos.
- Progreso más rápido mediante sesiones de entrenamiento funcional más largas e intensivas en comparación con el entrenamiento manual sobre cinta rodante.
- Disminuye el esfuerzo físico de los terapeutas.
- El manejo puede realizarlo un solo terapeuta.
- Permite supervisar y evaluar fácilmente la marcha del paciente.
- El patrón de la marcha y la fuerza de guía pueden ajustarse de forma individual, optimizando así el entrenamiento funcional.
- Las herramientas de evaluación permiten mediciones sencillas y reproducibles del progreso del paciente.
- En caso necesario, puede cambiarse fácilmente de la terapia automatizada a la manual.

## **LOKOMAT® PRO**

- El Lokomat® Pro permite medir la actividad del paciente por medio de transductores de fuerza ubicados directamente en los accionamientos y ofrece la posibilidad de ajustar el nivel de asistencia de paso para cada pierna entre una fuerza de guía total y cero.
- La fuerza de guía de regulación continua para cada pierna permite estimular al paciente para que trabaje más duro reduciendo la fuerza de guía en fases avanzadas de la rehabilitación o entrenar específicamente a pacientes con parálisis unilateral.
- Un sistema de bio-información integrado monitoriza el paso del paciente y proporciona información visual del rendimiento en tiempo real, estimulando al paciente para que participe de forma activa.



- Evaluación del paciente y documentación del progreso de la terapia.

## TERAPIA DE LOCOMOCIÓN FUNCIONAL MEJORADA PARA NIÑOS

El Pediatric Lokomat®, mostrado en la ilustración 8, es la primera órtesis de marcha accionada que automatiza la terapia de locomoción intensiva para niños en cinta rodante.

La faja de descarga y las abrazaderas especiales proporcionan un ajuste preciso de pacientes pequeños y reducen la probabilidad de que se produzcan irritaciones en la piel.

Además permite mejorar la evaluación y motivación del paciente para conseguir un entrenamiento óptimo.

El sistema Lokomat® puede equiparse con el juego de piernas pediátrico o estándar. Los sistemas existentes pueden actualizarse para adaptarse a ambos tipos de pierna ofreciendo así una terapia de locomoción optimizada para adultos y para niños.

- El Lokomat estándar ha sido diseñado para adaptarse a pacientes con longitudes de fémur (desde el trocánter a la cavidad de la articulación de la rodilla) entre 350 y 470 mm.
- El Pediatric Lokomat ha sido diseñado para adaptarse a pacientes pequeños con longitudes de fémur (desde el trocánter hasta la cavidad de la articulación de la rodilla) entre 210 y 350 mm.



**Ilustración 8 Sistema Lokomat® con accesorios pediátricos en funcionamiento**

## SEGUIMIENTO DE INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA LOKOMAT ACTIVIDADES

- Se planteó el problema ¿Por qué instalar un equipo de órtesis robótica de terapia física?
- ¿Se estudiaron las ventajas del equipo nuevo sobre la terapia convencional?
- Se planteó el problema ¿Cómo instalar el equipo de terapia física?
- Se implementaron soluciones al problema.

- Se aprendió de la vinculación del departamento de ingeniería biomédica con la empresa con la cual se licitó, al igual que con el personal médico del área de terapia física y el departamento de mantenimiento que fue el encargado de la remodelación del área en cuestión.
- Se verificó puesta en marcha del equipo.

En la ilustración 9 se muestra el proceso de adecuación e instalación del Lokomat®:

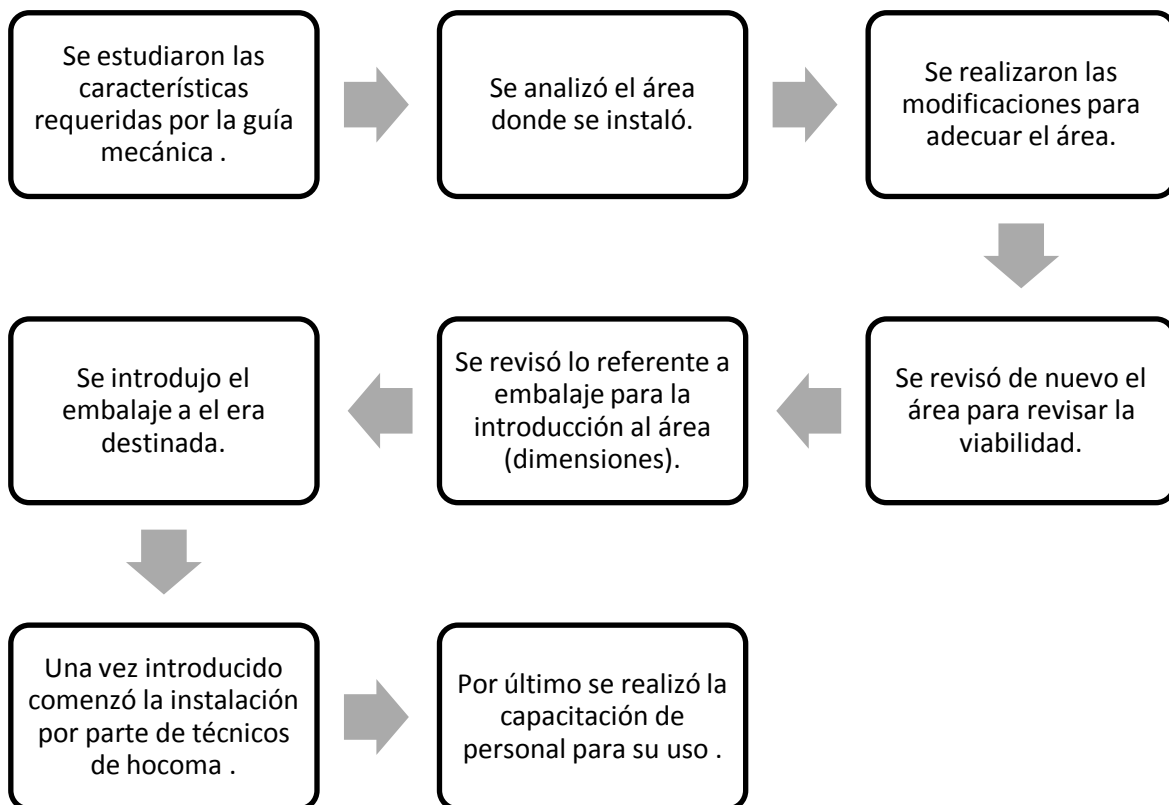


Ilustración 9 Proceso de adecuación de área.

### **CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**

- La duración de la instalación dura medio día.
- La capacitación dura normalmente medio día.

El equipo requiere tomas eléctricas de 220v con 10A cada una para conectar con un no break temomagnético de 20 A.

## **ACCESO**

Acceso de equipo a instalaciones: requiere de un montacargas con extensión de tenazas y una grúa llamada TITAN ambos con un soporte de peso de 2000Kg así como el cumplimiento de las siguientes dimensiones de acceso:

- Ancho de pasillo: 270 cm
- ancho mínimo de puerta: 200 cm

Especificaciones de la habitación:

- Altura mínima: 280cm
- Dimensiones mínimas: 550cm x 350cm
- Distancia de contactos hacia el Lokomat®: 250 cm máximo.
- Capacidad de carga de piso: 300kg/cm<sup>2</sup>

Los pacientes en silla de ruedas accederán a la banda vía rampa de acceso; el clínico debe caminar libremente alrededor del sistema. La puerta de acceso abre hacia la izquierda.

Dimensiones de embalaje

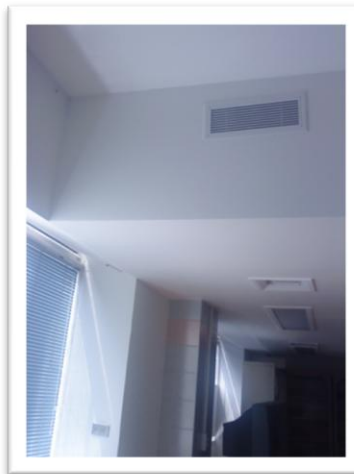
- Largo: 300cm; ancho: 190cm; alto: 206 cm
- Peso aproximado: 1415kg
- Peso neto: 1095kg

## INSTALACIÓN DEL LOKOMAT® REALIZADA POR TÉCNICOS DE HOCOMA

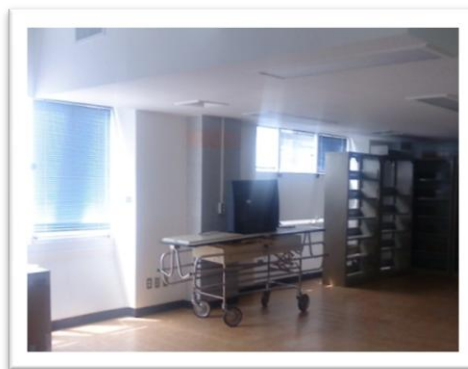


**Ilustración 10** Área acondicionada para el nuevo equipo de rehabilitación física

La ilustración 10 muestra el área ya remodelada y adaptada para el equipo de rehabilitación física con las características en cuestión eléctrica (contactos) y de dimensiones reajustadas para que cumpla con las dadas en la guía mecánica.



**Ilustración 11** Plafón modificado para las dimensiones del Lokomat®

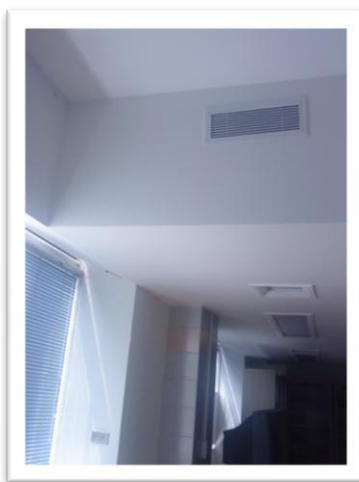


**Ilustración 12** Vista derecha del área de terapia física

## ADECUACIONES REALIZADAS AL ÁREA

En cuestión de la instalación esta se realizó de acuerdo a los lineamientos de la guía mecánica con personal capacitado para esta tarea.

- Se hizo una modificación a las luminarias donde se montó el Lokomat®, con el fin de dar más espacio y cumplir con las dimensiones que se requieren para su instalación y su funcionamiento. En la ilustración 13 se muestran las modificaciones.



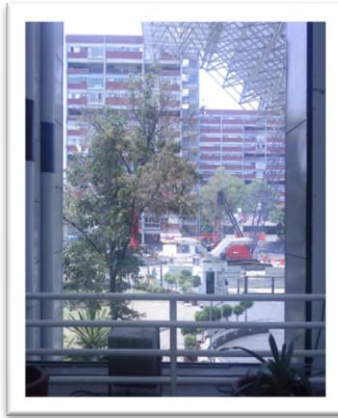
**Ilustración 13** Vista de la parte superior de el punto de instalación de el equipo.

- Se adaptó una salida de emergencia, mostrada en la ilustración 14, adecuando la zona para la próxima afluencia de personal y pacientes.



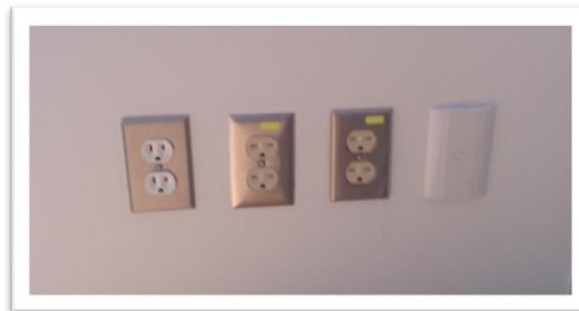
**Ilustración 14** Salida de emergencia.

- Dado a sus dimensiones se eligió un pasillo del primer piso por el cual introducir el equipo y volarle el embalaje, quitando temporalmente la protección de malla que protege al instituto contra plagas no deseadas como las palomas.



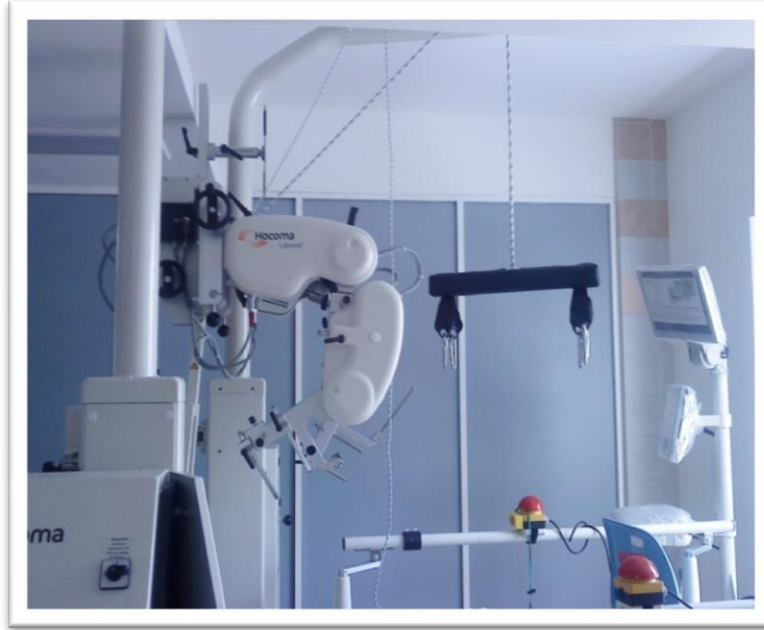
**Ilustración 15**

- Adecuación de la instalación eléctrica para adaptarla a los contactos de tipo “chino” para la conexión del equipo como se muestra en la ilustración 16.



**Ilustración 16 Contactos.**

- La instalación se dio por módulos que se interconectan entre sí, ya que el sistema de control está estrechamente ligado tanto la parte del sistema de cómputo (procesamiento de datos) como las piernas mecanizadas e incluso la banda transportadora recibe un feedback para trabajar en conjunto y realizar una rehabilitación óptima. En la ilustración 17 se muestra la instalación completa del equipo.



**Ilustración 17 Sistema montado**

Equipos varios de terapia física.



**Ilustración 18**



**Ilustración 19**

En la secuencia de imágenes anterior se observa la disposición final del equipo alojado en la parte donde se adaptó el techo de la sala de terapia física con la puerta y rampa de acceso en la parte contraria a la pared para facilitar el acceso de los pacientes sobre todo los que lleven silla de ruedas a la terapia física.

El equipo se instaló satisfactoriamente en el área designada y las piernas pediátricas fueron colocadas en una base adherida a una columna (ilustración 21) para un uso más cómodo de estas a causa de que son muy pesadas y también en caso de que se requieran intercambiarse en modo pediátrico-adulto o adulto-pediátrico.



**Ilustración 21** Soporte de pared para intercambio entre modalidad pediátrica y adulta



**Ilustración 20** Vista de parte posterior de Lokomat (puerta trasera)



## CAPACITACIÓN Y PUESTA EN MARCHA

### *Fijación del paciente al Lokomat®*

Lo primero a realizar antes de utilizar el Lokomat:

1. Llenar el formulario con los datos del personales del paciente, adicionándole información extra que debe ser llenada para el correcto funcionamiento del equipo como lo son las medidas de los miembros inferiores, esto para poder montar las piernas robóticas de tal manera que la sincronía de movimiento sea la mejor así como para que la comodidad y ergonomía del paciente sean las adecuadas.



**Ilustración 22** Formulario de información de el paciente.

2. Posteriormente se eligen los accesorios acorde a las características del paciente. Dado a que existe una gran diversidad de estos. Estos accesorios sujetadores ayudan al personal médico a adaptar el Lokomat® a diversos tipos de pacientes desde pediátricos hasta extra grandes y los comprenden los cinturones y accesorios acojinados de gran variedad.
3. Elegidos los accesorios del paciente los cinturones de las extremidades se acoplan a el Lokomat® como se muestra a continuación así como los accesorios acolchados que se utilizan en la parte del apoyo posterior del aparato.



**Ilustración 23** Arnesees

4. Como se observa en la parte inferior (ilustración 24), se coloca el cinturón para que este soporte todo su peso por medio del sistema de descarga dinámica que se encuentra en la parte posterior derecha del Lokomat® acoplado con arneses que soportan el peso del paciente en la parte superior por medio de poleas.



**Ilustración 24** sistema dinámico de descarga (izquierda) y paciente siendo asegurado con los arneses.

5. Una vez sujetado el paciente se procede a asegurar los cinturones para unir la parte robótica a este, corroborando que las medidas del paciente correspondan a las capturadas en el inicio de la terapia por medio de las reglas que se encuentran en las articulaciones de la parte robótica. Realizado esto se procede a asegurar toda la parte del miembro inferior. Si estas medidas no coinciden el movimiento

automático se verá interrumpido o pueda causar molestias o lesiones durante la terapia.



**Ilustración 25**

6. Ajustadas las medidas del paciente se ajustan los cinturones firmemente y posteriormente se corrobora que la medida sea correcta flexionando la pierna para verificar si se da un movimiento natural de esta, si esto es así se continúa al siguiente paso. En caso contrario se vuelve a ajustar la medida hasta que esta sea la idónea para la terapia.
7. Una vez asegurada la rodilla se asegura el cinturón que es la parte más inferior del dispositivo, la regla de este debe coincidir con la medida correspondiente de tres dedos arriba del maléolo para ser asegurado colocando un protector acolchado.



**Ilustración 26**

8. Posteriormente el cinturón inferior marcado con el numero 3 se procede a asegurar la parte de la rodilla alineando a su vez el fémur de el paciente con el fémur (figura34) de el Lokomat®, una buena referencia para esto es la muesca exterior que indica la rodilla del Lokomat®, (esta debe alinearse perfectamente para que quede fija de manera funcional), que se encuentra en medio de los dos anteriores colocando entre el cinturón y la espinilla un protector acolchado para comodidad, en este caso del intermedio se realiza un procedimiento particular que se explica a continuación.
- a. Se alinea la tibia con la parte inferior (ilustración 27), esta parte debe ir justo detrás del maléolo y posteriormente se jala la regla de distancia a la mayor distancia posible con el cinturón sin asegurar completamente. Y se toma nota de la distancia recorrida sin lastimar al paciente.



**Ilustración 27**

- b. se empuja la regla la mayor distancia posible y se toma nota de la distancia recorrida por esta ya que las dos distancias tomadas se promediaran para obtener la medida ideal y ajustarla a esta misma, después de ajustarse esta se corrobora comparando la simetría de ambos miembros en caso de que el paciente sea simétrico o en su defecto moviendo la parte robótica esperando un movimiento natural de esta en conjunto con el miembro inferior.

c. en el caso de no haber logrado la medida exacta esta se puede ajustar subjetivamente moviendo las reglas empujando para una mayor flexión o jalándola para una menor flexión de la rodilla (ilustración 36), esto hasta un movimiento ideal.

9. Como paso final de el acoplamiento con miembro inferior se aseguran las bandas del pie que hacen de contra fuerza con la planta del pie para lograr un movimiento natural, estas se colocan haciendo esfuerzo sobre la parte delantera de la planta del pie con unos seguros que se encuentran en el área cercana a las reglas inferiores antes mencionadas, la función básica de estas bandas es que con el movimiento levanten el pie al final de el paso para que este no tropiece con la banda móvil woodway que se encuentra debajo.

10. Una vez realizados los pasos anteriores se puede proceder al procedimiento de terapia.



Ilustración 28 ajuste de cinturones delanteros

### *PROTOCOLO DE TERAPIA*

I. iniciar por software el movimiento automatizado de las piernas robot definiendo el peso del paciente en el sistema de carga dinámica y mientras aun este suspendido en el aire unos cuantos minutos (ilustración 29), el movimiento de la marcha comienza.



Ilustración 29 Paciente siendo elevado previo a terapia.

- II. Se baja cuidadosamente al paciente hasta que el talón haga contacto con la banda, se baja un poco más y se realizan las siguientes observaciones:
- a. el pie no debe patear ni tropezar con la banda y en caso de hacerlo se debe tensionar la banda del pie que no realice su movimiento fluido, en caso de que esto no funcionase se ajusta la flexión de la cadera manualmente hasta que el movimiento de la marcha no se vea interrumpido con la misma woodway debajo.
- III. Resueltos estos problemas se realiza una prueba que consiste en poner la mano debajo del pie en movimiento (ilustración 30), cuando el contacto de talón del pie contrario se dé se debe seguir con la mano al talón contrario debajo del pie contrario y si no hay ningún choque con la mano el movimiento es adecuado y listo para el modo automático. Cabe mencionar que el modo automático depende de un dispositivo tele stop por seguridad que tiene el terapeuta que debe enviar una señal de confirmación cada cierto tiempo si no el Lokomat® deja de funcionar automáticamente y regresa a un estado de stand by.



**Ilustración 30 Prueba de marcha**

El Lokomat® tiene diversos tipos de terapia donde se puede variar por medio de software la velocidad así como el nivel de asistencia siendo el más alto 100% en el cual las piernas robotizadas son las que realizan todo el movimiento en la terapia y este porcentaje de asistencia puede disminuir dependiendo del grado de avance del paciente o como su tratamiento de terapia lo requiera.

Existen también diversos modos y no solo se limita al movimiento de marcha si no que también se pueden tomar los rangos de fuerza de las piernas para fines de investigación así como modos interactivos donde el paciente interactúa con un software dependiendo de sus movimientos.

# **PARTICIPACIÓN EN EL DISEÑO DE SISTEMA MODULAR DE SENSADO Y SISTEMA MÍNIMO CON INTERFACE USB**

## ***INTRODUCCIÓN***

Los modelos de transferencia de calor biológicos tienen aplicaciones significativas en una amplia variedad de aplicaciones clínicas y en ciencias básicas. En particular entendiendo la transferencia de calor en tejidos biológicos involucra tanto aumentar o disminuir su temperatura para muchas prácticas como ejemplo terapia de hipertermia de cáncer, resucitación de hipotermia cerebral, diagnóstico de enfermedades, criocirugía y crio preservación, por citar algunos<sup>1</sup>.

Las mediciones en el ámbito biomédico son cuantificadas usando diferentes principios de sensado, la interacción entre el medio y el sensor altera el estado de este mecanismo que transformará las propiedades del medio donde se encuentre en señales proporcionales a ese cambio. Esta señal puede presentarse como una lectura visual simplemente como caso de los termómetros.

## ***HISTORIA***

La necesidad de la creación de un sistema de sensado con interface a USB surge del área de cirugía experimental donde a parte de sensar diferentes variables durante los procedimientos experimentales se tiene que almacenar de algún modo la información recopilada y de esta manera facilitar tanto su análisis como su publicación. El sistema comenzó su desarrollo como una aplicación para medir temperatura durante procedimientos quirúrgicos experimentales sensando diferentes puntos del paciente, pero conforme avanzó el tiempo este sistema se rediseñó para funcionar como un sistema modular aprovechando las capacidades del microcontrolador elegido para convertir señales analógicas a digitales para su manejo y almacenaje en PC por medio de una aplicación.

Existen diferentes tipos de sensores útiles para el proyecto para los cuales se encuentran los siguientes:

---

<sup>1</sup> JING LIU, Chinese Academy of Sciences & Tsinghua University Beijing, China

1. termistor.- Como su nombre lo indica esta es una resistencia sensible a los cambios de temperatura; es decir que su resistencia entre sus terminales se relaciona directamente con la temperatura de su cuerpo.
2. Termopar.- Un termopar es un circuito formado por dos metales distintos que produce un voltaje que es función de la diferencia de temperatura entre uno de los extremos denominado "punto caliente" y el otro denominado "punto frío".
3. sensor Lm35 de temperatura.- Son circuitos integrados de medición de temperatura de precisión cuyo voltaje es proporcional directamente a los grados en Celsius, este sensor no requiere de calibraciones especiales para obtener  $\pm 1/4^{\circ}\text{C}$
4. sensor MCP9800.- este viene con registros programables para aplicaciones de sensado de temperatura.

#### **DISEÑO DE SISTEMA MODULAR DE SENSADO**

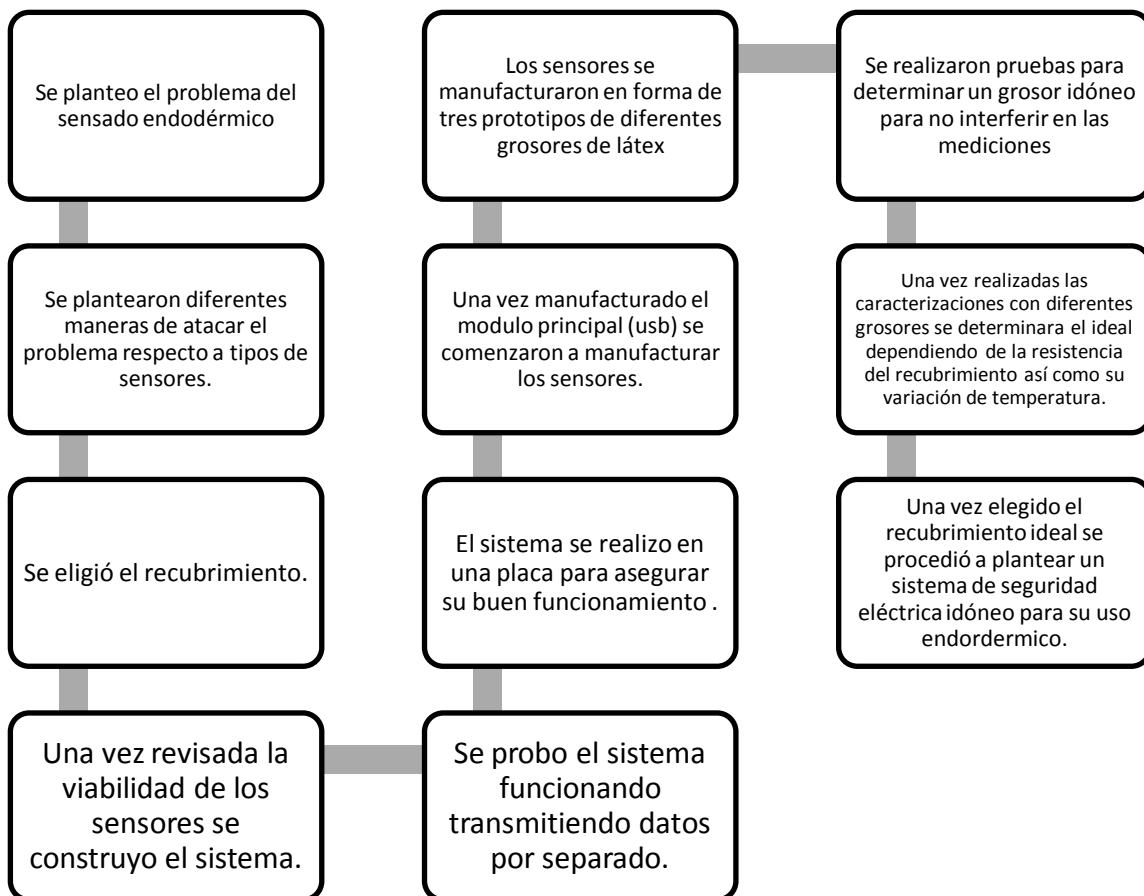


Ilustración 31 Proceso de elaboración de los sensores.



## **DESARROLLO DE SENSORES**

REQUERIMIENTOS DE SENSADO: Las especificaciones de los sensores dependen de cómo y dónde los sensores serán utilizados. La mayoría de las veces estos sensores son utilizados como herramienta de diagnóstico para medir el status fisiológico instantáneo, en este caso la temperatura. Estos sensores deben ser compactos, durables, precisos, deben consumir bajas cantidades de energía así como tener una respuesta rápida.

### CONSIDERACIONES

Para el diseño se tomó en cuenta primeramente el diseño general de los sensores ya que resuelto el problema de estos, deben ser aptos para su uso en cirugía experimental siendo estos adecuados para su uso endodérmico.

Acero

316/316L

Antes que nada se consideró un recubrimiento idóneo, para cubrir las consideraciones mencionadas se propuso un recubrimiento de soldadura autógena de acero AINSI-316/316L que es un acero resistente a la corrosión intercrystalina de hasta 300°C bajo condiciones de operación continua. Esta aleación de acero es comúnmente utilizada en la industria química y farmacéutica ideal para componentes expuestos a corrosión. La variante 316L con su bajo contenido en carbono hace mejorar en gran manera su resistencia a la corrosión intercrystalina.

Vidrio

La segunda opción fue el recubrimiento de vidrio con una resina dentro de este para tomar una medición indirecta de la temperatura por este medio. Se consideró el vidrio pyrex por sus propiedades particulares; El vidrio "PYREX" tiene gran estabilidad al ataque químico. Es una marca comercial de vidrio de borosilicato con contenido bajo de álcalis. Resiste los ataques del agua y de casi todos los ácidos en el campo de temperaturas general de trabajo; resiste las esterilizaciones repetidas -húmedas o secas- sin empañarse. Su contenido relativamente bajo de álcalis deja el valor pH de los medios

virtualmente invariable. Debido a su dilatación térmica sumamente baja, el vidrio PYREX no sólo resiste las tensiones de los choques térmicos repetidos, sino que permite fabricar materiales más gruesos y robustos que los que son generalmente posibles con vidrio. Siguiendo los lineamientos de vidrio de borosilicato ISO 3585:1998 según la ANSI (American National Standards Institute).

Latex

La última opción que se consideró fue recubrimiento de látex, ya que es poco probable que reaccione en condiciones intracorpóreas además que es ampliamente utilizado en aplicaciones medicas. Además la aplicación de este es considerablemente más fácil que los anteriormente mencionados.

Propiedades: Este no es tóxico al contacto con la piel, el producto no debe ingerirse, aunque no es venenoso. Este va dirigido principalmente para fabricar:

- Guantes Quirúrgicos
- Guantes de Exploración
- Profilácticos
- Diques Dentales
- Partes Médicas (mangueras, catéter etc.)
- Guantes Domésticos
- Globos
- Pegantes
- Empaques para la Industria de Alimentos
- Máscaras
- Moldes

### ***SENSOR Y RECUBRIMIENTOS ELEGIDOS***

Una vez analizando la viabilidad de los recubrimientos de los cuales se tomaron en cuenta diversos factores para la manufactura del sensor definitivo y ante todo el precio de los dispositivos ya que una de las finalidades de el proyecto asignado es realizar un dispositivo un poco más accesible económicamente pero funcional, quedando eliminado

el termistor dado a que tiene un precio elevado, retomando que el modulo a diseñar tiene originalmente 6 sensores asignados.

Otro motivo por el cual el termistor quedó descartado es que este requiere de un proceso de caracterización y de adquisición más largo que con los demás ya que no es un sensor de salida lineal y al no tener características tan estandarizadas y variar de fabricante en fabricante esto dificultaría a sobremanera su reemplazo. Además que por su forma particular su encapsulado resulta un poco complicado.

Se realizaron pruebas con los sensores de microchip MCP9800 que cumplían con la mayoría de los requerimientos antes mencionados pero representaron un mayor problema por el encapsulado del circuito ya que su forma no era idónea para el recubrimiento que se pensó en el inicio, que fue un recubrimiento de acero quirúrgico con soldadura autógena. Además de tener un rango de error relativamente alto como se especifica en su datasheet.

- Precisión con resolución de 12-bit:
  - $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$  (typ.) at  $+25^{\circ}\text{C}$
  - $\pm 1^{\circ}\text{C}$  (max.) from  $-10^{\circ}\text{C}$  to  $+85^{\circ}\text{C}$
  - $\pm 2^{\circ}\text{C}$  (max.) from  $-10^{\circ}\text{C}$  to  $+125^{\circ}\text{C}$
  - $\pm 3^{\circ}\text{C}$  (max.) from  $-55^{\circ}\text{C}$  to  $+125^{\circ}\text{C}$

El termopar cumplía con los requerimientos establecidos para el proyecto excepto uno, este es muy costoso y debido al poco presupuesto para llevar a cabo la realización de este proyecto el sensor elegido fue el Im 35, debido a su bajo costo y disponibilidad además de que cumple con muchas de las características mencionadas en las consideraciones.

#### **RECUBRIMIENTO DE LATEX:**

Se eligió sobre el recubrimiento de acero quirúrgico ya que es sumamente más fácil de aplicar y este mismo es el que se usa en los guantes de cirugía y algunos tipos de catéteres como se indica en la hoja de seguridad de látex al alto amonio.

Además la lamina de acero quirúrgico mas económica estaba alrededor de \$800m.n. y el látex \$90m.n. siendo esta una diferencia muy grande de precios sin mencionar el equipo de aplicación ya que la soldadura autógena requiere equipo especial.

## ***DISEÑO DEL SISTEMA:***

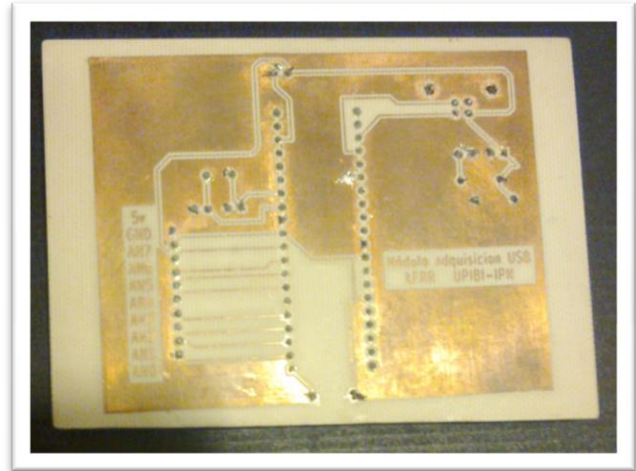
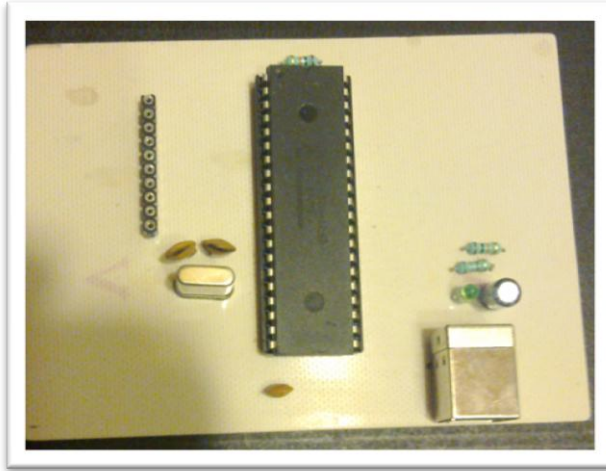
Para este diseño primero se propusieron diferentes tipos de sensores entre ellos termistores, sensores con y el elegido de estos fue el lm35 y se eligió el pic 18f4550 ya que la familia 18 tiene ciertas facilidades para realizar una comunicación usb así como convertidores analógico digitales lo cual facilita a sobremanera el diseño general del sistema.

### Diseño de circuito

El diseño inicial de este sistema comenzó siendo enteramente un sistema de medición de temperatura integral con adquisición USB como se muestra en la ilustración de la simulación este desplegaba los datos en una pantalla lcd y contaba con un sistema de amplificación para acondicionar la señal a la entrada de el pic y no tener que programar el acondicionamiento de esta, la siguiente modificación que sufrió el diseño inicial fue eliminar la parte de amplificación por amplificadores operacionales

Conclusión de este prototipo: este represento un mayor problema la alimentación de el circuitito ya que por tener amplificación se deben considerar voltajes mayores a 5v e incluso negativos integro y la configuración era poco flexible y relativamente más fácil de diseñar y manufacturar.

Después de realizadas las pruebas con este prototipo se decidió crear un segundo prototipo con la finalidad de ser más flexible



**Ilustración 32 Foto de prototipo solo con canales analógicos habilitados**

El sistema se rediseño para funcionar por módulos intercambiables en caso de ser necesaria la medición y adquisición de otra variable (que se podrán configurar a futuro) como una especie de sistema modular, a partir de esto se llevo a cabo el diseño del sistema para funcionar de manera modular, con circuitos separados que pudiesen realizar tareas en conjunto e incluso intercambiarse para cambiar la variable a medir. Como una especie de sistema mínimo además de haber añadido una conexión nueva correspondiente a el sistema In Circuit debugger de Microchip que es un debugger en tiempo real con conexión por medio de USB, este puede depurar líneas de código ya sea en ensamblador o en código C.



**Ilustración 33 Diagrama de conexión de circuito a computadora con ICD**

Así pues una vez probado en protoboard se procedió a diseñar el cto en placa fenolica por medio de el programa de diseño de circuitos libre KiKad, para el primer prototipo se tomaron en cuenta solo los puertos analógicos como modelo experimental. Una vez, manufacturado el modelo experimental se manufacturó el modelo con el In Circuit Debugger de Microchip así como botón de reset y los demás puertos habilitados con headers para poder hacer más flexible el sistema.

Conclusión del rediseño del circuito de adquisición. Este prototipo es que se realizó con éxito el diseño y se cumplió la finalidad por la que el sistema fue rediseñado ya que hace mucho más versátil el sistema siendo por módulos en la cuestión de poder sensar diferentes transductores e incluso módulos mas dedicados como ECG o medidor de presión entre otros para obtener datos de investigación y archivarlos, la implementación funcional de un sistema in circuit debugger para fines académicos sirve tanto para revisar el código en tiempo real como para programar el microcontrolador haciendo este un sistema más integral para su uso de adquisición de datos como para el desarrollo de proyectos

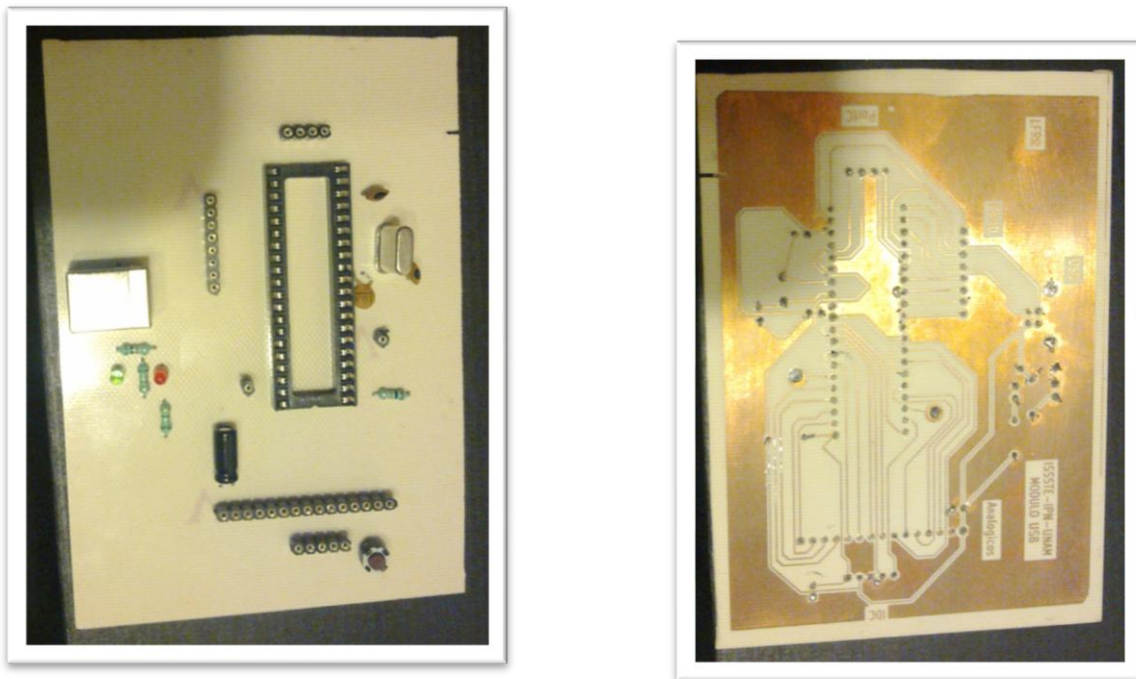
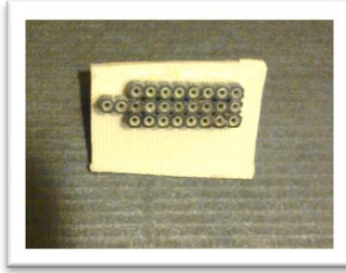


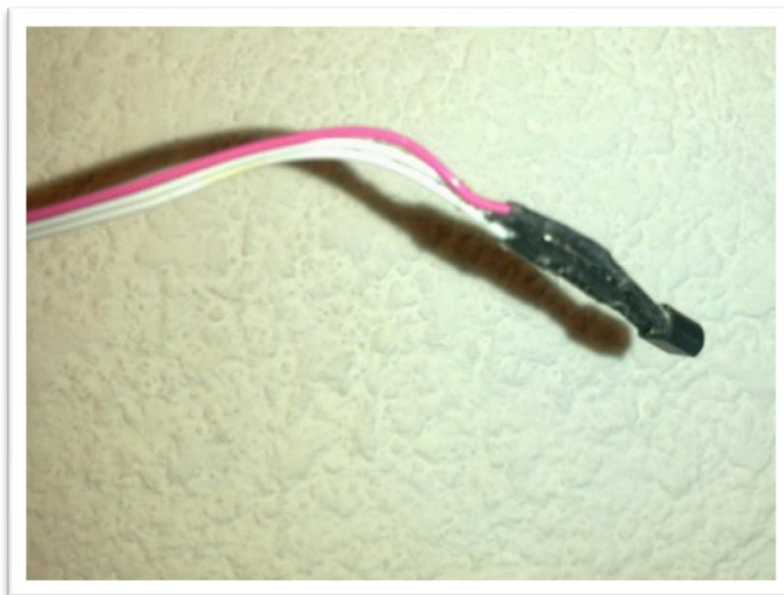
Ilustración 34 Circuito con entrada integrada de ICD

Para la realización de las pruebas así como el acople futuro se diseño un mini modulo de temperatura, esto con la finalidad de en el futuro poder aislar eléctricamente los sensores para seguridad ya que se puede independizar la alimentación de estos últimos por medio de este mini modulo a una alimentación externa con batería y un circuito con un amplificador aislado iso124p.



**Ilustración 35** Mini modulo de acople para temperatura de 8 sensores

Para esto se desarrollaron los siguientes prototipos de sensores:



**Ilustración 36** Sensor sencillo de referencia

El primer prototipo contaba solo las conexiones básicas para conectarse a el sistema pero carece de aislamiento alguno ya que no cuenta con ningún recubrimiento, este fue usado solo como referencia.

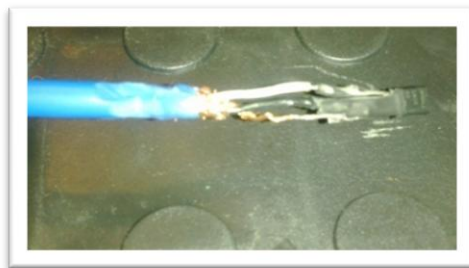
## Vidrio



**Ilustración 37 Sensor prototipo con recubrimiento de vidrio**

El segundo prototipo realizado fue un diseño con recubrimiento de vidrio, este es muy difícil de manufacturar y fue descartado casi de inmediato ya que los bordes que se crean en el vidrio son muy difíciles de alisar incluso fundiéndolo, este prototipo fue creado moldeando vidrio pyrex con un soplete de gas butano propano y en caso que fuese viable se rellenaría de agua y sellado con una resina para eliminar el rango de error causado por la burbuja de aire encerrada en este.

## Látex



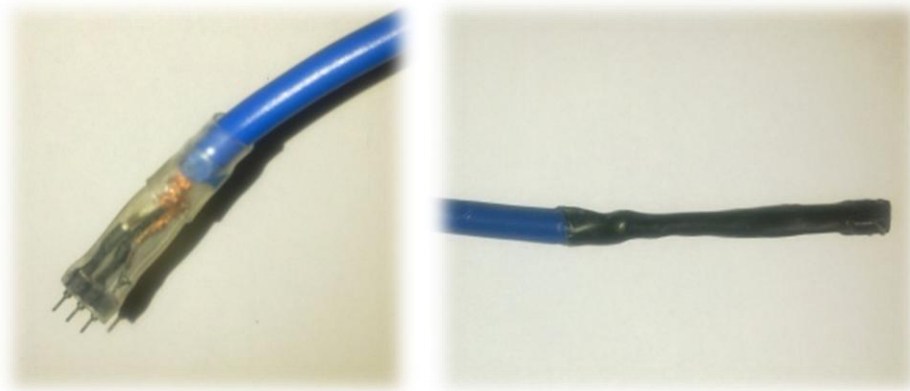
**Ilustración 38 Sensor base para fabricación de sensores con recubrimiento de látex.**



El cable utilizado para los sensores recubiertos por látex es un cable de micrófono aislado (ilustración 38), esto permite aislar el ruido con la tierra física que recorre todo el tramo de cable.

El prototipo de sensor recubierto de látex con recubrimiento grueso (anexo), el recubrimiento fue aplicado por medio de una esponja y secado con calor, las terminales de este solo se acondicionaron para realizar las pruebas y no se les dio acabado alguno, la razón por la que este sensor fue descartado fue porque la temperatura de este se veía afectada por el grueso recubrimiento además que el acabado de este es difícil de refinar ya que se llegan a formar burbujas de látex que es difícil eliminarlas y mantenerlas sin secar puede hacer incluso más frágil el recubrimiento ya que la probabilidad de que estas estallen es alta.

El segundo sensor descartado fue el recubrimiento ligero (anexo), este a pesar de que fue el mejor y más aproximado en cuestión de sensado de temperatura comparado con el termómetro de las pruebas se descarto por que el recubrimiento es muy endeble, cualquier roce con las orillas del sensor representa un riesgo alto de ruptura de el recubrimiento así que en este caso se decidió llegar a un balance entre espesor de el recubrimiento para que no interfiera tanto en las mediciones o que llegue a dañarse por alguna burbuja de látex o que sea tan ligero que este sea muy frágil.



**Ilustración 39 Sensor manufacturado con recubrimiento mediano.**

El ultimo sensor con recubrimiento de látex es la versión intermedia (ilustración 39) de grosor este es la versión que toma lo mejor de las dos anteriores, ya que su exactitud en la medición no supera  $\frac{1}{4}$  de grado centígrado de error y aun así tiene una durabilidad más alta que las dos anteriores, siendo este el recubrimiento elegido, a las terminales de este se les dio el acabado final que es la adaptación a headers con aislamiento de termofit trasparente así no se tiene que marcar que es cada terminal quedando la siguiente configuración en los cables visibles:

- Blanco- alimentación de 5v
- Negro-salida
- Cable coaxial- >tierra física

## **RESULTADOS (INCMNSZ)**

Se realizaron actividades de servicio a equipo de laboratorio aplicando y adquiriendo conocimiento de índole de sistemas de calidad así como conocimientos técnicos y de principios de funcionamiento de equipo de laboratorio.

Las actividades se realizaron interactuando con el personal de diferentes áreas identificando la importancia del departamento de servicio a equipo de laboratorio.

Se adquirió conocimiento de la calidad asociada al papel del Ing. biomédico en la institución.

## **RESULTADOS (20 DE NOVIEMBRE)**

### **VERIFICACION DE INSTALACION DE SISTEMA LOKOMAT**

- La instalación del equipo se realizó con éxito y fue verificada.
- Se apreció la interacción de el departamento de ingeniería biomédica con las demás áreas afines con la instalación así como empresas
- Se observó el proceso de instalación y puesta en marcha del equipo y se logró identificar la importancia del ingeniero biomédico en el proceso realizado.
- La puesta en marcha se realizó de manera exitosa tomando en cuenta las necesidades tanto de personal, como técnicas.
- Los resultados a futuro se reflejarán en los pacientes tratados con la órtesis robótica.

### **PARTICIPACION EN EL DESARROLLO DE UN SISTEMA MODULAR DE SENSADO CON INTERFASE USB**

- El circuito electrónico de interface USB se desarrolló con éxito
- Se logró manufacturar un prototipo de sensor funcional con recubrimiento especial sin afectar a sobremanera la precisión de este.

## CONCLUSIONES

Se enriqueció con éxito la formación profesional mediante la aplicación de conocimientos en gestión de calidad y funcionamiento de equipos médicos en el área de servicio a equipo de laboratorio tales como centrifugas, cámaras de electroforesis, cito centrifugas entre otros, además se obtuvo retroalimentación del personal de ingeniería biomédica como del personal de las áreas atendidas logrando la vinculación del conocimiento técnico con el sistema de calidad manejado en la institución.

Se identificó con éxito el impacto de la participación del ingeniero biomédico en el área de servicio a laboratorios relacionando directamente su importancia con la atención brindada a los pacientes, ya que el servicio brindado con un nivel de calidad asegura que el paciente recibirá una atención igual de cuidadosa garantizando que el paciente no sufra de falta de equipo y que este siempre disponible ya sea para atención programada o urgencias.

Se realizó un seguimiento íntegro de la correcta instalación del equipo de terapia física Lokomat® entendiendo la estrecha vinculación con los demás departamentos y empresa involucrados en la puesta en marcha de este equipo; Logrando identificar el papel que desempeña el ingeniero biomédico durante la instalación y puesta en marcha de este equipo así como lo que conlleva instalar equipo con las características y necesidades que este requirió

Se desarrolló con éxito un sistema de sensado para posible uso en cirugía experimental aplicando conocimientos adquiridos durante la formación profesional resaltando entre ellos el conocimiento de biomateriales, ya que estos fueron cruciales para la elección de un recubrimiento que no fuera tóxico.

Así es como las técnicas aprendidas en la formación profesional se conjuntaron para ser aplicadas en las actividades de índole hospitalaria para dar un servicio de calidad.

## **ANEXOS**

### **ANEXO A**

#### **STPS (2)**

##### **Unidades de Verificación y Laboratorios de Prueba**

La STPS (secretaría de trabajo y previsión social) patrón tendrá la opción de contratar una unidad de verificación o un laboratorio de pruebas, acreditados y aprobados, en los términos de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y su Reglamento, para verificar el grado de cumplimiento con la presente Norma.

Unidades de verificación y laboratorios de pruebas contratados a petición de parte deben verificar el grado de cumplimiento de acuerdo con lo establecido en el procedimiento para la evaluación de la conformidad.

La vigencia del dictamen de verificación cuando éste sea favorable, será de dos años, y el informe de resultados será válido y se conservará siempre y cuando, se mantengan las condiciones que dieron origen al resultado de la evaluación.

Las unidades de verificación deben entregar al patrón el dictamen de verificación favorable cuando se hayan cubierto los requerimientos de la presente Norma Oficial Mexicana.



## GUÍA MECÁNICA LOKOMAT

### REQUISITOS PARA LA INSTALACIÓN Y CAPACITACIÓN DEL EQUIPO LOKOMAT PARA REHABILITACIÓN.

- La duración de la instalación es de medio día.
- La duración de la capacitación técnica es de medio día. Asegúrese de que todos los participantes se encuentren para el programa completo (normalmente 1 técnico).
- La duración de la capacitación de usuario es de 1 día. Asegúrese de que todos los participantes se encuentren para el programa completo (normalmente 5 participantes).

Se requieren de dos tomas independientes de **220VAC @ 10A** cada una para conectar dicho equipo con break termo magnético bifásico a 20A.

### GUIA MECANICA LOKOMAT

#### Acceso del equipo a las instalaciones.

Requiere de montacargas con extensión de tenazas y una grúa llamada TITAN, ambos que soporte un peso 2000 Kg.



#### Acceso.

Ancho mínimo del pasillo: 270cm

Ancho mínimo de la puerta: 200cm



T L M

Tecno Lógica Mexicana S.A.de C.V.

**Especificaciones de la habitación:**

Altura mínima: 280cm

Dimensiones mínimas: 550cm x 350cm

Distancia de los contactos al LOKOMAT: 250cm máximo.

Capacidad de carga del piso: 300kg/m<sup>2</sup>.

Por favor note que los pacientes en silla de ruedas accederán a la banda vía la rampa de acceso. Asegúrese de que el clínico podrá caminar libremente alrededor del sistema. La puerta de acceso, abre hacia la izquierda.

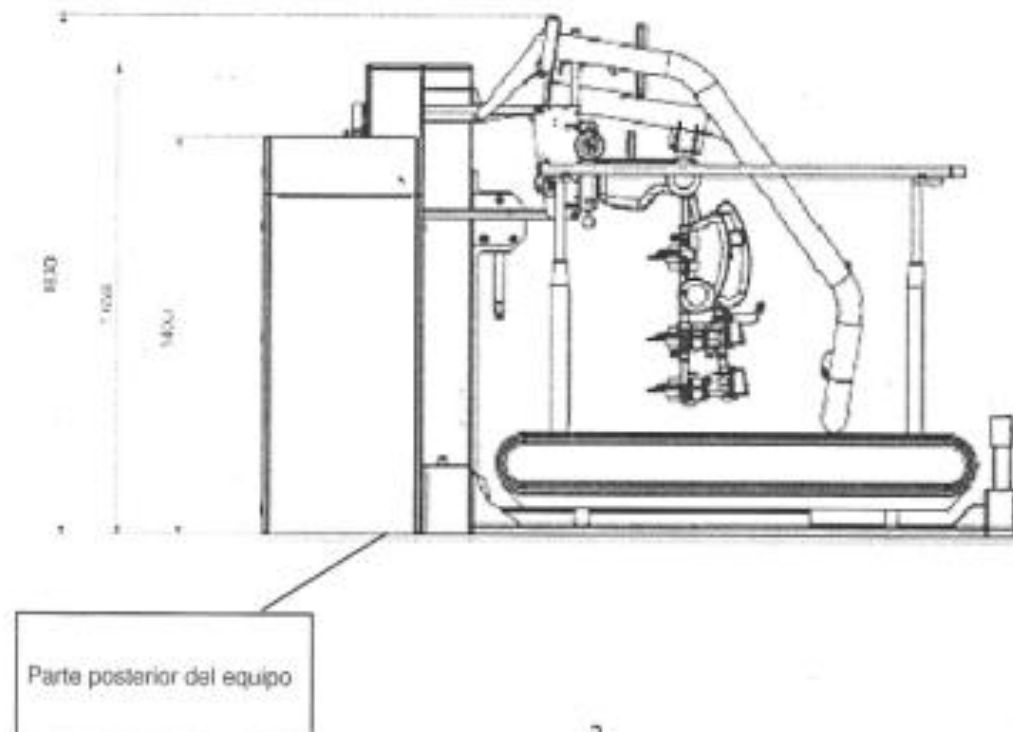
**Dimensiones del embalaje.**

Largo: 300cm; ancho:190; alto: 206 cm

Peso proximado: 1415kg

Peso neto: 1095kg

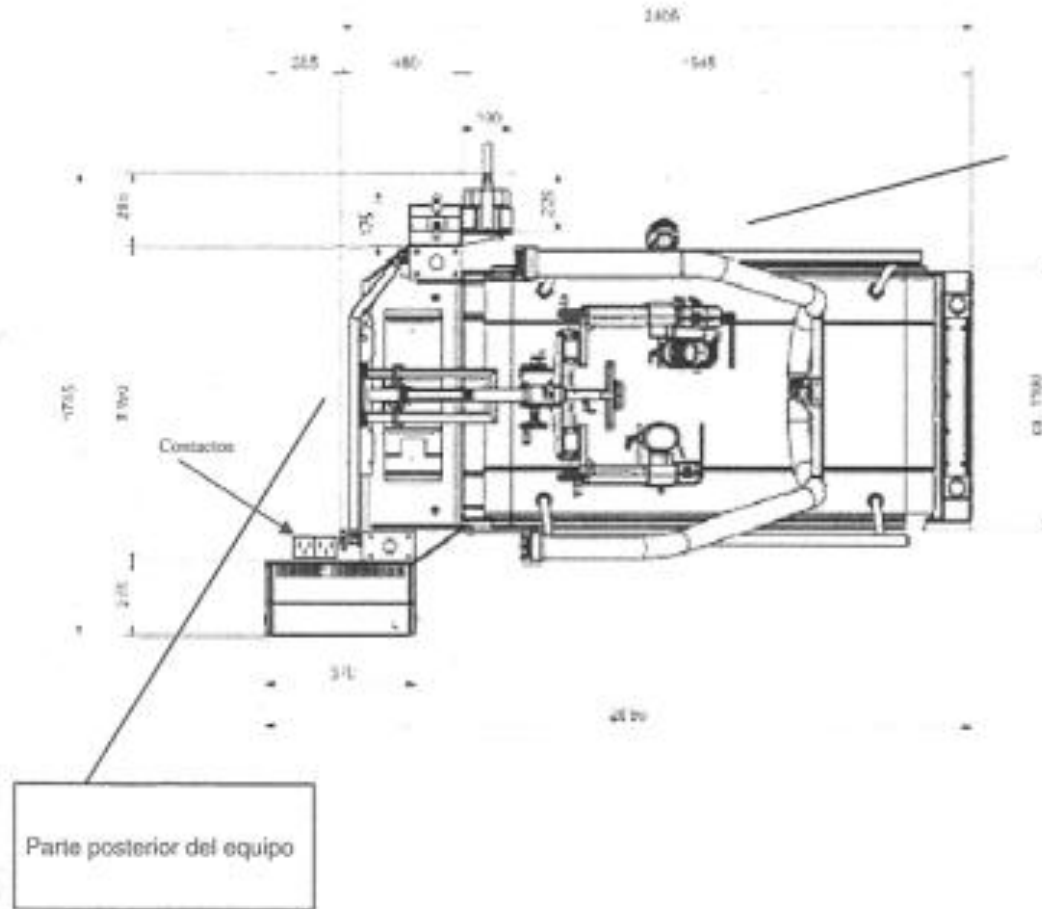
**Dimensiones del transporte.**





T L M

Tecno Lógica Mexicana S.A.de C.V.



### Dimensiones del equipo.

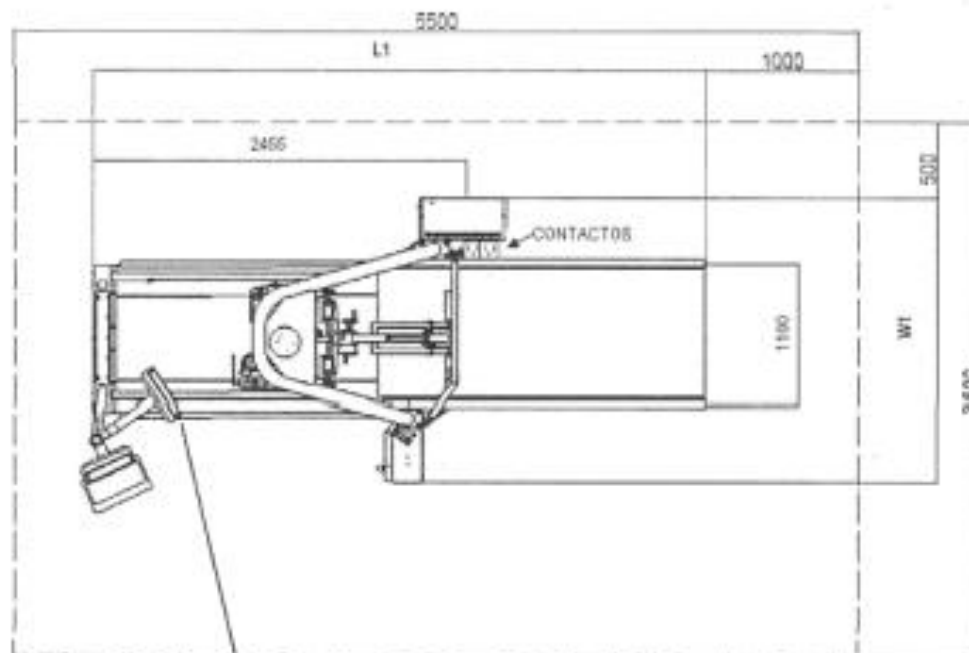
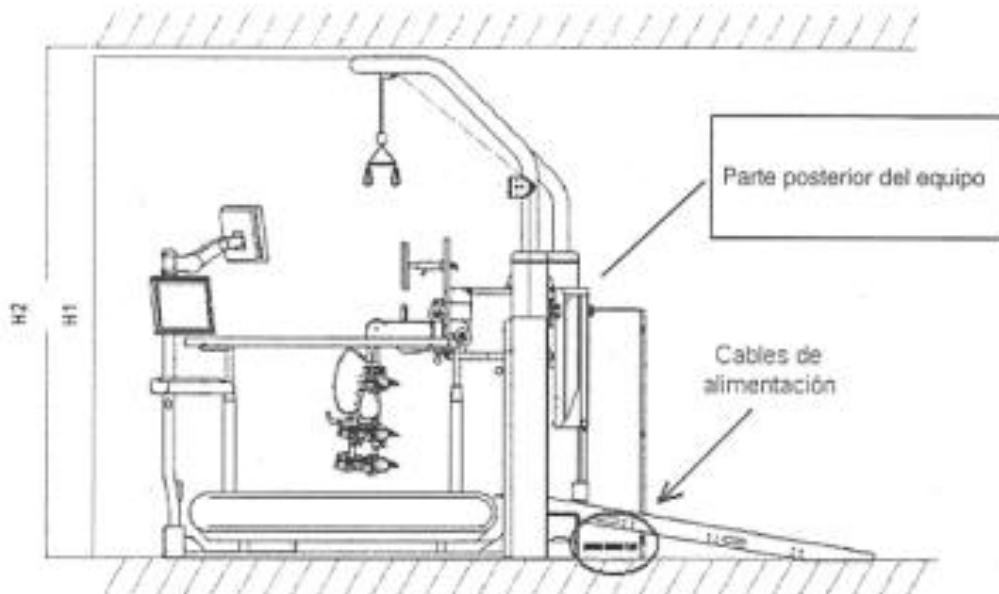
H1	H2	W1	L1
2790mm	2800mm	1850mm	4040mm





T L M

Tecno Lógica Mexicana S.A.de C.V.



Parte posterior del equipo



# MCP9800/1/2/3

## 2-Wire High-Accuracy Temperature Sensor

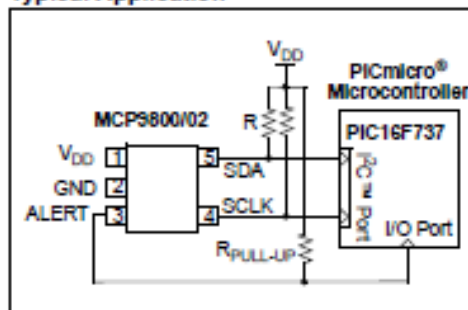
### Features

- Temperature-to-Digital Converter
- Accuracy with 12-bit Resolution:
  - $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$  (typ.) at  $+25^{\circ}\text{C}$
  - $\pm 1^{\circ}\text{C}$  (max.) from  $-10^{\circ}\text{C}$  to  $+85^{\circ}\text{C}$
  - $\pm 2^{\circ}\text{C}$  (max.) from  $-10^{\circ}\text{C}$  to  $+125^{\circ}\text{C}$
  - $\pm 3^{\circ}\text{C}$  (max.) from  $-55^{\circ}\text{C}$  to  $+125^{\circ}\text{C}$
- User-selectable Resolution: 9 – 12 bit
- Operating Voltage Range: 2.7V to 5.5V
- 2-wire Interface:  $I^2\text{C}^{\text{TM}}$ /SMBus Compatible
- Operating Current: 200  $\mu\text{A}$  (typ.)
- Shutdown Current: 1  $\mu\text{A}$  (max.)
- Power-saving One-shot Temperature Measurement
- Available Packages: SOT-23-5, MSOP-8, SOIC-8

### Typical Applications

- Personal Computers and Servers
- Hard Disk Drives and Other PC Peripherals
- Entertainment Systems
- Office Equipment
- Data Communication Equipment
- Mobile Phones
- General-purpose Temperature Monitoring

### Typical Application



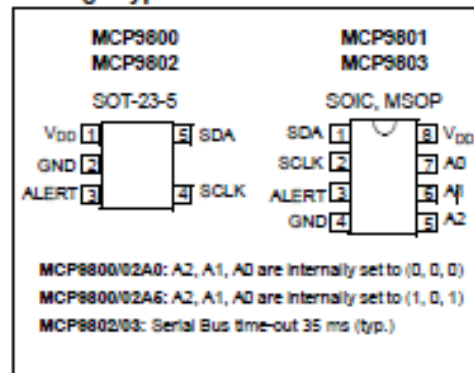
### Description

Microchip Technology Inc.'s MCP9800/1/2/3 family of digital temperature sensors converts temperatures between  $-55^{\circ}\text{C}$  and  $+125^{\circ}\text{C}$  to a digital word. They provide an accuracy of  $\pm 1^{\circ}\text{C}$  (max.) from  $-10^{\circ}\text{C}$  to  $+85^{\circ}\text{C}$ .

The MCP9800/1/2/3 family comes with user-programmable registers that provide flexibility for temperature sensing applications. The register settings allow user-selectable 9-bit to 12-bit temperature measurement resolution, configuration of the power-saving Shutdown and One-shot (single conversion on command while in the Shutdown) modes and the specification of both temperature alert output and hysteresis limits. When the temperature changes beyond the specified limits, the MCP9800/1/2/3 outputs an alert signal. The user has the option of setting the alert output signal polarity as an active-low or active-high comparator output for thermostat operation, or as temperature event interrupt output for microprocessor-based systems.

This sensor has an industry standard 2-wire,  $I^2\text{C}^{\text{TM}}$ /SMBus compatible serial interface, allowing up to eight devices to be controlled in a single serial bus. These features make the MCP9800/1/2/3 ideal for sophisticated multi-zone temperature-monitoring applications.

### Package Types





Aceros Inoxidables	Normas		
	AISI	W. Nr.	DIN
Austeníticos	316	1.4401	X5CrNiMo17-12-2
	316L	1.4404	X2CrNiMo17-12-2

### Aplicaciones

Acero resistente a la corrosión intercrystalina hasta 300° C bajo condiciones de operación continua. Con la adición de molibdeno se le confiere una alta resistencia a ácidos no oxidantes y corrosión por picado. El acero AISI 316 es utilizado en piezas y elementos de la industria de celulosa, textiles, seda artificial, equipos para el desarrollo de fotografía ejes de hélices, acoples. Usualmente utilizado en la industria química y farmacéutica. Ideal para ser usado en piezas y elementos expuestos a la corrosión localizada originada por el ácido sulfuroso, baños de pinturas con ácido sulfúrico, baños clorados, etc.



La calidad 316L, con su bajo contenido de carbono hace aumentar la temperatura de resistencia a la corrosión intercrystalina hasta los 400°C. además de mejorar su soldabilidad.

### Composición Química (Valores promedio, %)

Calidad	C	Cr	Mo	Ni
316	≤ 0,07	16,5 - 18,5	2 - 2,5	10 - 13
316L	≤ 0,03	16,5 - 18,5	2 - 2,5	10 - 13

### Características del Acero

El acero AISI 316/316L corresponde a un acero inoxidable aleado con molibdeno. Esta adición le confiere mejores propiedades anticorrosivas que los de la familia 304, debido principalmente a que se disminuye en forma importante la susceptibilidad a la corrosión por picado, en virtud que la capa pasiva formada es mucho más resistente.



Presenta una muy buena resistencia a la oxidación en condiciones intermitentes a temperaturas no superiores a 870 °C y en continuo a 930 °C. No se recomienda el uso de estos aceros en temperaturas que oscilen en el rango 420/860 °C, pero en



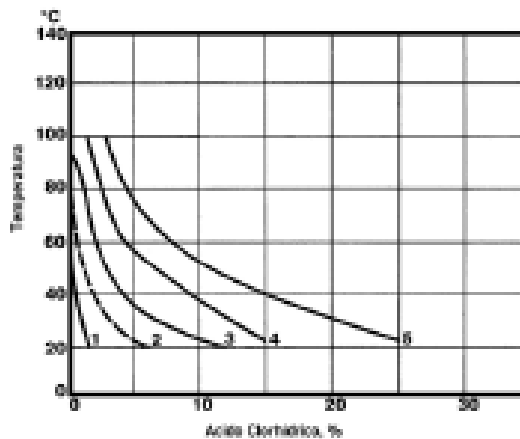
## Catálogo Comercial

valores por debajo y por encima de estos, su comportamiento es bueno, esto principalmente debido a la posibilidad de precipitaciones de carburos de cromo en los bordes de grano, lo que lo vuelve sensible y por ende su resistencia a la corrosión se ve drásticamente comprometida. Estos aceros no pueden ser endurecidos mediante TT. Presenta buenas condiciones de soldabilidad y se recomienda que en las secciones soldadas se realice un recocido posterior con el objetivo de obtener la más alta resistencia a la corrosión.

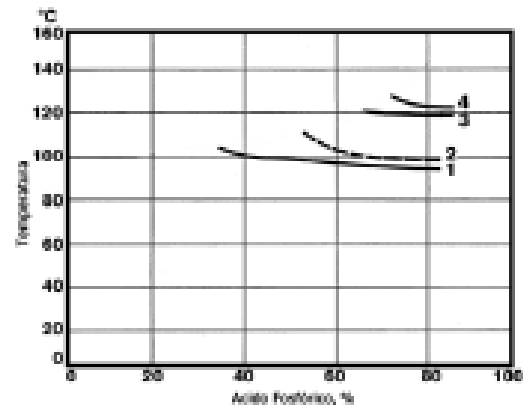
### Resistencia a la corrosión.

En los diagramas se observan las pérdidas de peso, determinadas experimentalmente para diferentes probetas atacadas con concentraciones variables para distintos ácidos en función de la temperatura. Las curvas representan la pérdida de peso de 0,1 0,3 1,0 3,0 y 10,0 gr/m<sup>2</sup>-Hr. Generalmente una pérdida de peso de 0,3 gr/m<sup>2</sup>-hr (línea segmentada) se considera en el límite para ser considerado económicamente viable un acero inoxidable.

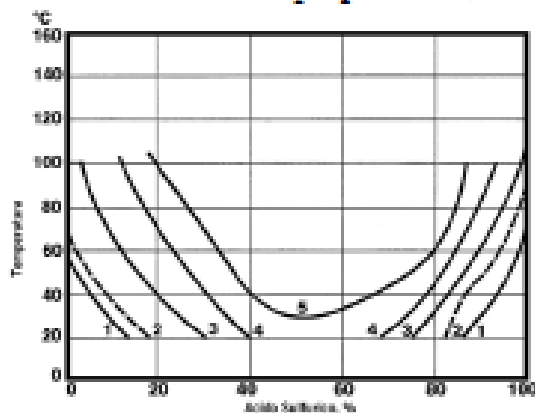
Acido Clorhídrico HCl



Acido Fosfórico H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>



Acido Sulfúrico H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>



Curva	Pérdida de peso
1	0,1 gr/m <sup>2</sup> -hr.
2	0,3 gr/m <sup>2</sup> -hr.
3	1,0 gr/m <sup>2</sup> -hr.
4	3,0 gr/m <sup>2</sup> -hr.
5	10,0 gr/m <sup>2</sup> -hr.



## Catálogo Comercial

## Propiedades del Acero

### Propiedades mecánicas

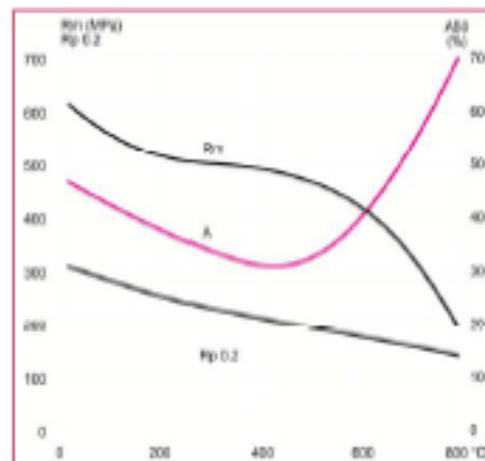
#### Temperatura ambiente

Tipo Acero	Rango de dimensiones	Límite Elástico 0,2% ( $R_{p0.2}$ ) min. N/mm <sup>2</sup>	Resistencia a la tracción ( $R_m$ ) N/mm <sup>2</sup>	Elongación ( $A_5$ ) min. %
318	Laminado en frío e $\leq$ 6 mm.	$\geq 240$	630 - 680	$\geq 40$
	Laminado en caliente e $\leq$ 12 mm.	$\geq 220$		
316L	Laminado en frío e $\leq$ 6 mm.	$\geq 240$	630 - 680	$\geq 40$
	Laminado en caliente e $\leq$ 12 mm.	$\geq 220$		

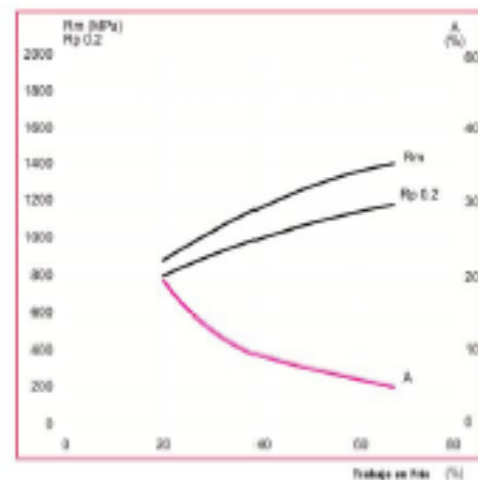
#### Temperatura variable

Tipo Acero	Temperatura °C	60	100	160	200	260	300	360	400	450	500	550
318	Límite elástico	196	177	162	147	137	127	120	116	112	110	108
316L	0,2% ( $R_{p0.2}$ ) min. N/mm <sup>2</sup>	182	166	162	137	127	118	113	108	103	100	98

Efecto de la temperatura en las propiedades mecánicas



Efecto del trabajo en frío en las propiedades mecánicas





## HOJA DE SEGURIDAD

**PRODUCTO:** LÁTEX NATURAL CENTRIFUGADO ALTO AMONIO

**PROVEEDOR:** AGROINDUSTRIAS HULERAS, S.A.

**1. DATOS DEL PRODUCTO:**

**NOMBRE COMERCIAL:** LÁTEX NATURAL CENTRIFUGADO ALTO AMONIO.  
**NOMBRE QUÍMICO:** CIS-POLISOPRENO, ORIGEN NATURAL  
**SINÓNIMOS:** LÁTEX CONCENTRADO.

**2. COMPOSICIÓN E INFORMACIÓN DE LOS COMPONENTES:**

Polisopreno. Ningún componente peligroso.

**3. ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:**

Contenido de sólidos totales (TSC), % mínimo permitido ASTM D1076-88, ISO 124:1990(E)	61.5
Contenido de caucho seco (DRC), % mínimo permitido ASTM D1076-88	60.0
Contenido de ácidos grasos volátiles (VFA), % máximo permitido ASTM D1076-88, ISO 506:1992(E)	0.050
Alcalinidad total (% de amoníaco en látex), % mínimo permitido ASTM D1076-88, ISO 125:1990	0.60
Alcalinidad total (% de amoníaco en agua), % mínimo permitido ASTM D1076-88	1.60
Índice de KOH, valor máximo permitido ASTM D1076-88, ISO 127:1995(E)	0.80
Estabilidad Mecánica (MST), valor mínimo permitido en segundos ASTM D1076-88, ISO 35:1989(E)	650



Color en inspección visual	Blanco, sin presencia de tonos azules o grises
Olor después de neutralización con ácido bórico	No putrefacto

---

## HOJA DE SEGURIDAD

### 4. PRESENTACIÓN:

Toneles de 210 Kg peso neto.

Color: Blanco, sin presencia de tonos azules o grises.

Olor: No putrefacto

Empaque: Toneles de plástico opacos, color azul

Identificación: Etiquetas de fondo blanco, letras verdes.

### 5. MANIPULACIÓN Y TRANSPORTE:

Producto no frágil. Puede transportarse y almacenarse estibado, aunque se recomienda no usar estibas más altas de 2 toneles.

### 6. RIESGOS Y PRECAUCIONES:

- El producto no es tóxico al contacto con la piel
- El producto no debe ingerirse, aunque no es venenoso. No hay procedimientos de primeros auxilios específicos.
- Inflamable a altas temperaturas, al quemarse genera gases irritantes.
- Medidas contra incendio: Utilizar extintores todo propósito, polvo químico seco, CO<sub>2</sub>, espuma. Por la generación de gases se requiere protección con mascarilla para humo.

### 7. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD:

- Materiales a evitar: ácidos orgánicos o inorgánicos.
- Condiciones a evitar: exposición a la acción directa del sol, variaciones extremas de temperatura, golpes o agitación brusca (puesto que puede provocar la coagulación de caucho).
- Productos de descomposición por combustión: CO - CO<sub>2</sub>.

### 8. CONTROLES A EXPOSICIÓN Y PROTECCIÓN PERSONAL:

- Protección respiratoria: mascarilla con filtro para amoníaco.
- Protección de ojos: gafas.
- Protección en caso de incendio: requiere mascarilla y gafas o careta.
- Protección corporal: se recomienda el uso de calzado de seguridad al manipular los toneles.

### 9. INFORMACIÓN ECOLÓGICA:

Descomposición lenta en medio húmedo y temperatura alta. El material no es considerado peligroso por entidades ambientales, para descartarlo deben seguirse las regulaciones de control ambiental locales.

---

Agroindustrias Huleras, S.A

Agroindustrias Huleras, S.A. se encuentra ubicada en la parte sur occidental de Guatemala, fue fundada en el año 1,995, antes era Patrimonio de Plantaciones de Hule Good Year, actualmente se dedica a la Producción, Compra y Proceso de Materias Primas provenientes del Caucho Natural en donde nuestro producto principal es el Látex Natural Centrifugado preservado con amoníaco.

Los mercados que actualmente se atienden son:

- México
- Colombia
- Ecuador
- Venezuela
- El Salvador

Nuestro Látex va dirigido principalmente para fabricar:

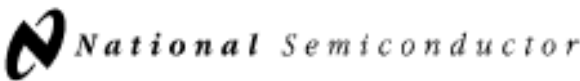
- Guantes Quirúrgicos
- Guantes de Exploración
- Profilácticos
- Diques Dentales
- Partes Médicas (mangueras, catéter etc.)
- Guantes Domésticos
- Globos
- Pegantes
- Empaques para la Industria de Alimentos
- Máscaras
- Moldes

Importante es saber qué propiedades Físicas y Químicas requieren los Clientes para la elaboración de un producto final, en el caso de distribuidores las características de los látex son generales, es decir condiciones no específicas ya que en otros casos por Ejemplo: un fabricante de globos no requiere la misma Estabilidad Mecánica que un fabricante de guantes, ó un fabricante de profilácticos no requiere la misma viscosidad que un fabricante de pegantes.

Entonces:

Quando un fabricante cuenta con un laboratorio en donde pueda elaborar todas la pruebas normadas y no normadas puede condicionar su pedido, es decir el solicita el procesamiento de su látex con las especificaciones técnicas necesarias en su proceso y Agrihule se compromete a cumplir dichos requerimientos para no entorpecer la elaboración o fabricación de un producto final de la industria del Caucho.





December 1994

## LM35/LM35A/LM35C/LM35CA/LM35D Precision Centigrade Temperature Sensors

### General Description

The LM35 series are precision integrated-circuit temperature sensors, whose output voltage is linearly proportional to the Celsius (Centigrade) temperature. The LM35 thus has an advantage over linear temperature sensors calibrated in ° Kelvin, as the user is not required to subtract a large constant voltage from its output to obtain convenient Centigrade scaling. The LM35 does not require any external calibration or trimming to provide typical accuracies of  $\pm 1/2^\circ\text{C}$  at room temperature and  $\pm 3/4^\circ\text{C}$  over a full  $-55$  to  $+150^\circ\text{C}$  temperature range. Low cost is assured by trimming and calibration at the wafer level. The LM35's low output impedance, linear output, and precise inherent calibration make interfacing to readout or control circuitry especially easy. It can be used with single power supplies, or with plus and minus supplies. As it draws only  $60\ \mu\text{A}$  from its supply, it has very low self-heating, less than  $0.1^\circ\text{C}$  in still air. The LM35 is rated to operate over a  $-55^\circ$  to  $+150^\circ\text{C}$  temperature range, while the LM35C is rated for a  $-40^\circ$  to  $+110^\circ\text{C}$  range ( $-10^\circ$  with improved accuracy). The LM35 series is

available packaged in hermetic TO-46 transistor packages, while the LM35C, LM35CA, and LM35D are also available in the plastic TO-92 transistor package. The LM35D is also available in an 8-lead surface mount small outline package and a plastic TO-202 package.

### Features

- Calibrated directly in ° Celsius (Centigrade)
- Linear  $+10.0\ \text{mV}/^\circ\text{C}$  scale factor
- $0.5^\circ\text{C}$  accuracy guaranteeable (at  $+25^\circ\text{C}$ )
- Rated for full  $-55^\circ$  to  $+150^\circ\text{C}$  range
- Suitable for remote applications
- Low cost due to wafer-level trimming
- Operates from 4 to 30 volts
- Less than  $60\ \mu\text{A}$  current drain
- Low self-heating,  $0.08^\circ\text{C}$  in still air
- Nonlinearity only  $\pm 1/4^\circ\text{C}$  typical
- Low impedance output,  $0.1\ \Omega$  for 1 mA load

### Connection Diagrams

TO-46  
Metal Can Package\*



TL145516-1

\*Case is connected to negative pin (GND)

Order Number LM35H, LM35AH,  
LM35CH, LM35CAH or LM35DH  
See NS Package Number H03H

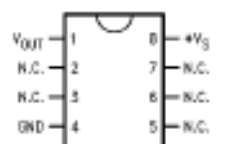
TO-92  
Plastic Package



TL145516-2

Order Number LM35CZ,  
LM35CAZ or LM35DZ  
See NS Package Number Z03A

SO-8  
Small Outline Molded Package



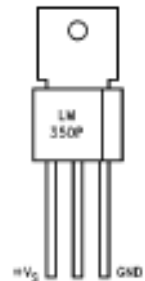
TL145516-3

Top View

N.C. = No Connection

Order Number LM35DM  
See NS Package Number M03A

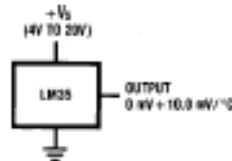
TO-202  
Plastic Package



TL145516-4

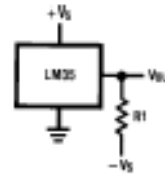
Order Number LM35DP  
See NS Package Number P03A

### Typical Applications



TL145516-5

FIGURE 1. Basic Centigrade  
Temperature  
Sensor ( $+2^\circ\text{C}$  to  $+150^\circ\text{C}$ )



TL145516-4

Choose  $R_1 = -V_{GS}/50\ \mu\text{A}$

$V_{OUT} = +1,500\ \text{mV}$  at  $+150^\circ\text{C}$   
 $= +250\ \text{mV}$  at  $+25^\circ\text{C}$   
 $= -550\ \text{mV}$  at  $-55^\circ\text{C}$

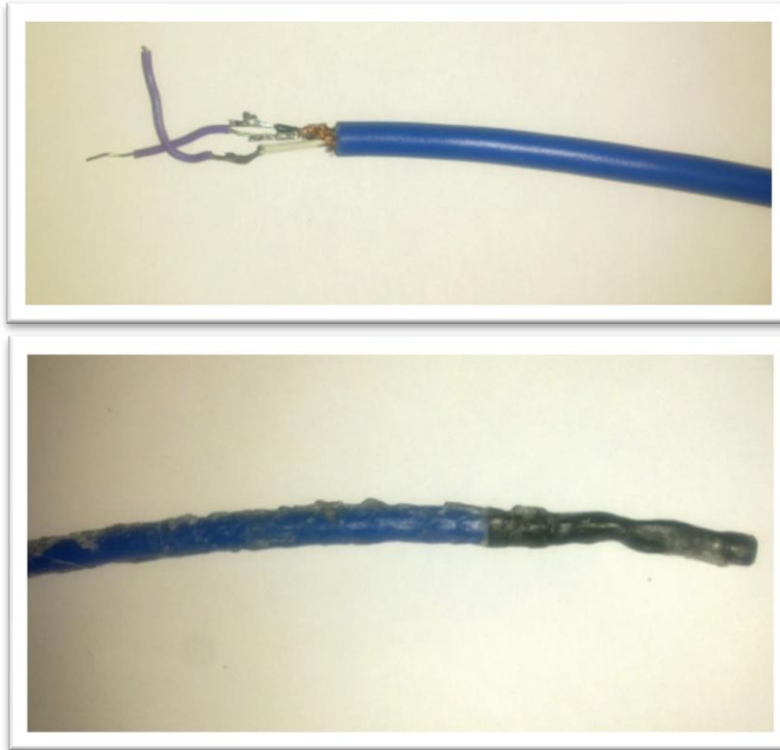
FIGURE 2. Full-Range Centigrade  
Temperature Sensor

TM921A35\* is a registered trademark of National Semiconductor Corporation.

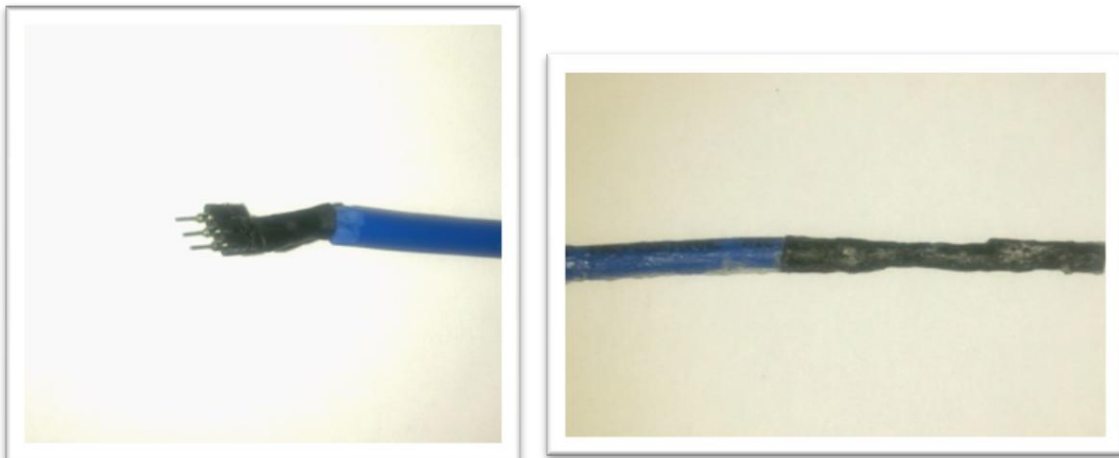
LM35/LM35A/LM35C/LM35CA/LM35D  
Precision Centigrade Temperature Sensors

## ANEXO G FOTOS DE PROTOTIPOS

Primer prototipo de sensor con recubrimiento de látex, (grueso)



Segundo prototipo de sensor con recubrimiento de látex (delgado)



## ANEXO H PROGRAMAS

### Programa en C sin USB

```
#include <i8f4550.h>
#device adc=io
#define use_portb_lcd TRUE
#fuses
HSPLL,NOWDT,NOPROTECT,NOLVP,NODEBUG,
USBDIV,PLL5,CPUDIV1,VREGEN
#use delay(clock=48000000)
#include <lcd.c>
void main ()
{
  int16 adc1;
  int16 adc2;
  int16 adc3;
  int16 adc4;
  int16 adc5;
  int16 adc6;
  float T1,T2,T3,T4,T5,T6;
  setup_adc_ports(0110);
  setup_adc(ADC_CLOCK_INTERNAL);
  lcd_init();

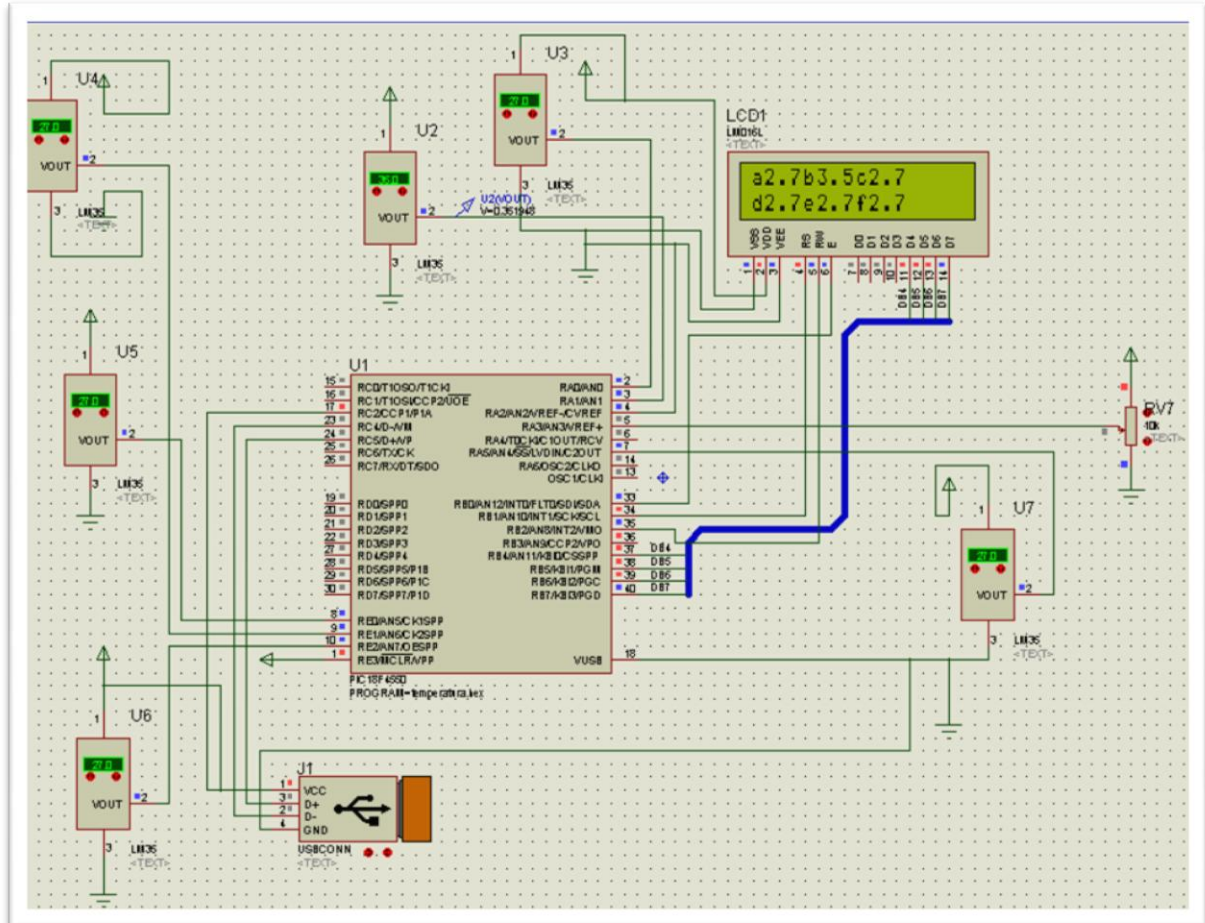
  for (;;)
  {
    set_adc_channel(0);
    delay_us(20);
    adc1=read_adc();
    T1=50.0*adc1/1024.0;
    set_adc_channel(1);
    delay_us(20);
    adc2=read_adc();
    T2=50.0*adc2/1024.0;
    set_adc_channel(6);
    delay_us(20);
    adc3=read_adc();
    T3=50.0*adc3/1024.0;
    set_adc_channel(7);
    delay_us(20);
    adc4=read_adc();
    T4=50.0*adc4/1024.0;
    set_adc_channel(4);
    delay_us(20);
    adc5=read_adc();
    T5=50.0*adc5/1024.0;
    set_adc_channel(5);
    delay_us(20);
    adc6=read_adc();
    T6=50.0*adc6/1024.0;
    printf(lcd_putc, "\fa%02.1f", T1);
    printf(lcd_putc, "b%02.1f", T2);
    printf(lcd_putc, "c%02.1f", T3);
    printf(lcd_putc, "\nd%02.1f", T4);
    printf(lcd_putc, "e%02.1f", T5);
    printf(lcd_putc, "f%02.1f", T6);
    delay_ms(500);
    //delay_ms(500);
  }
}
```

## Programa con comunicación USB

```
#include <18f4550.h>
#define adc=10
#define use_portb_lcd TRUE
#fuses
HSPLL,NOWDT,NOPROTECT,NOLVP,NODEBUG,USBDIV,PLL
5,CPUDIV1,VREGEN
#use delay(clock=4800000)
#define USB_CON_SENSE_PIN_PIN_C2
#include <usb_cdc.h>
#include <usb_desc_cdc.h>
#include <lcd.c>
void main ()
{
int16 adc1;
int16 adc2;
int16 adc3;
int16 adc4;
int16 adc5;
int16 adc6;
float T1,T2,T3,T4,T5,T6;
setup_adc_ports(0110);
setup_adc(ADC_CLOCK_INTERNAL);
set_adc_channel(0);
usb_cdc_init();
usb_init();
lcd_init();
do
{
usb_task();
if (usb_enumerated())
{
set_adc_channel(0);
delay_us(20);
adc1=read_adc();
T1=50.0*adc1/1024.0;
set_adc_channel(1);
delay_us(20);
adc2=read_adc();
T2=50.0*adc2/1024.0;
while(TRUE);
set_adc_channel(6);
delay_us(20);
adc3=read_adc();
T3=50.0*adc3/1024.0;
set_adc_channel(7);
delay_us(20);
adc4=read_adc();
T4=50.0*adc4/1024.0;
set_adc_channel(4);
delay_us(20);
adc5=read_adc();
T5=50.0*adc5/1024.0;
set_adc_channel(5);
delay_us(20);
adc6=read_adc();
T6=50.0*adc6/1024.0;
printf(lcd_putc, "%a%2.1f", T1);
printf(lcd_putc, "%b%2.1f", T2);
printf(lcd_putc, "%c%2.1f", T3);
printf(lcd_putc, "%nd%2.1f", T4);
printf(lcd_putc, "%e%2.1f", T5);
printf(lcd_putc, "%f%2.1f", T6);
delay_ms(500);
printf(usb_cdc_putc,"T1=%2.1f", T1);
delay_ms(50);
printf(usb_cdc_putc,"T1=%2.1f", T1);
delay_ms(50);
printf(usb_cdc_putc,"T1=%2.1f", T1);
delay_ms(50);
printf(usb_cdc_putc,"T1=%2.1f", T1);
delay_ms(50);
printf(usb_cdc_putc,"T1=%2.1f", T1);
delay_ms(50);
printf(usb_cdc_putc,"T1=%2.1f", T1);
delay_ms(50);
}
//delay_ms(500);
}
}
```

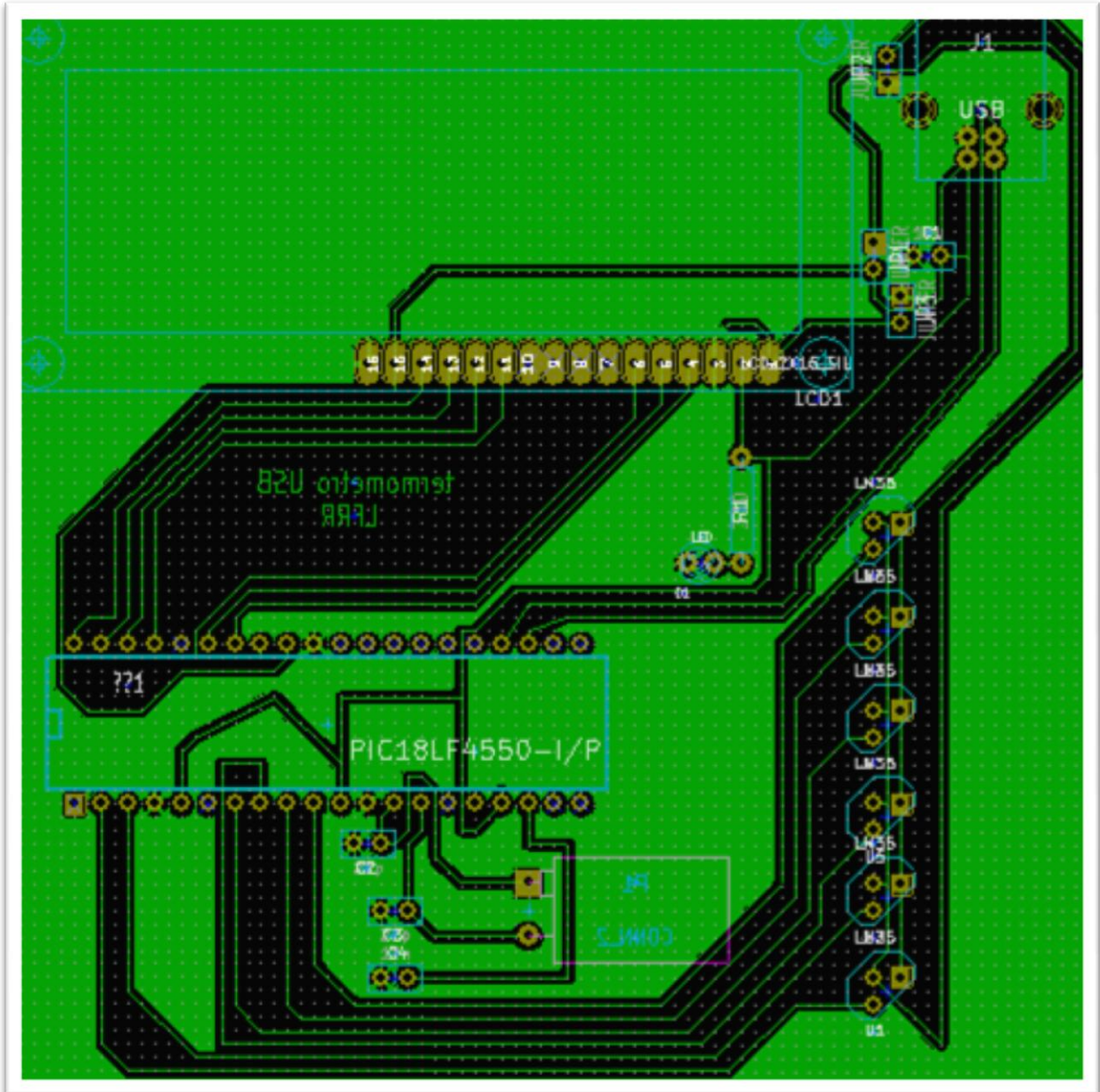
# ANEXO H

## Simulación

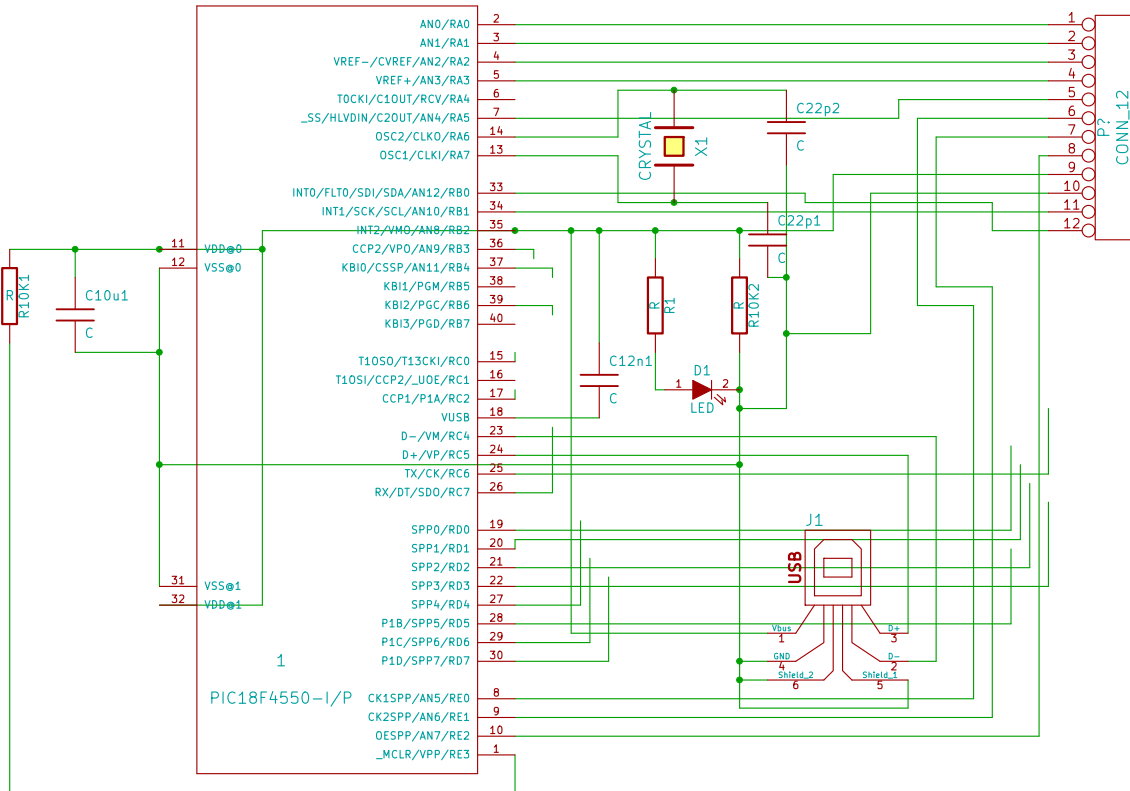


## ANEXO I FOTOS Y DIAGRAMAS DE SISTEMA DE SENSADO

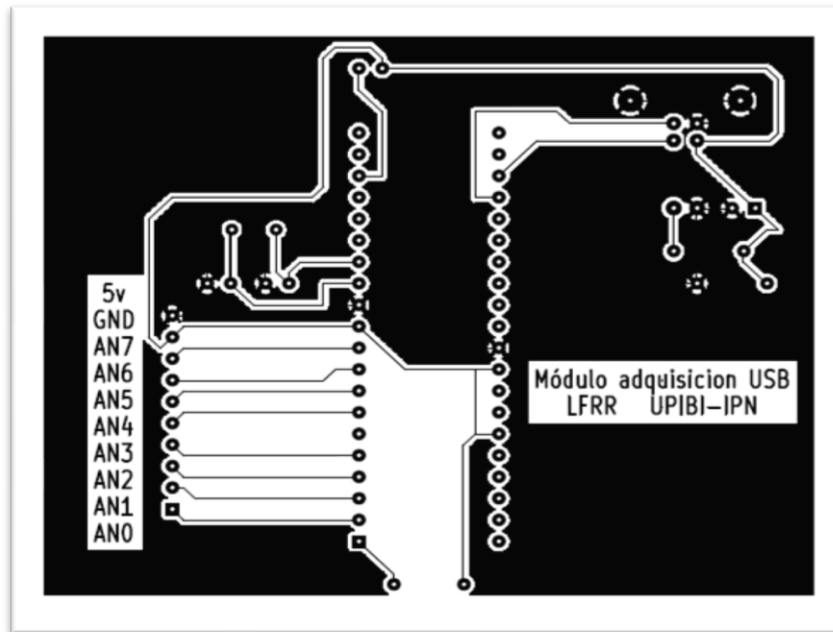
Diseño de primer prototipo



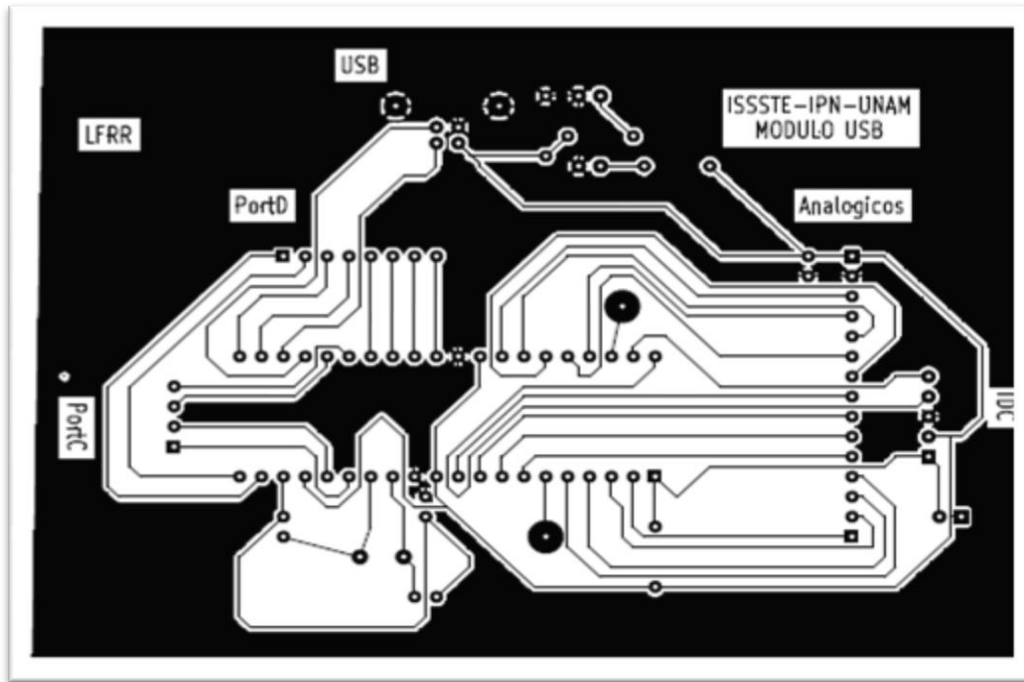
## Diagrama de diseño de Segundo prototipo



## Diseño de placa fenólica de Segundo prototipo



Diseño en placa fenólica de diseño con ICD o tercer prototipo



Esquemático de conexión de modulo de temperatura

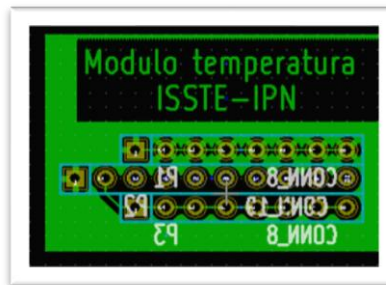
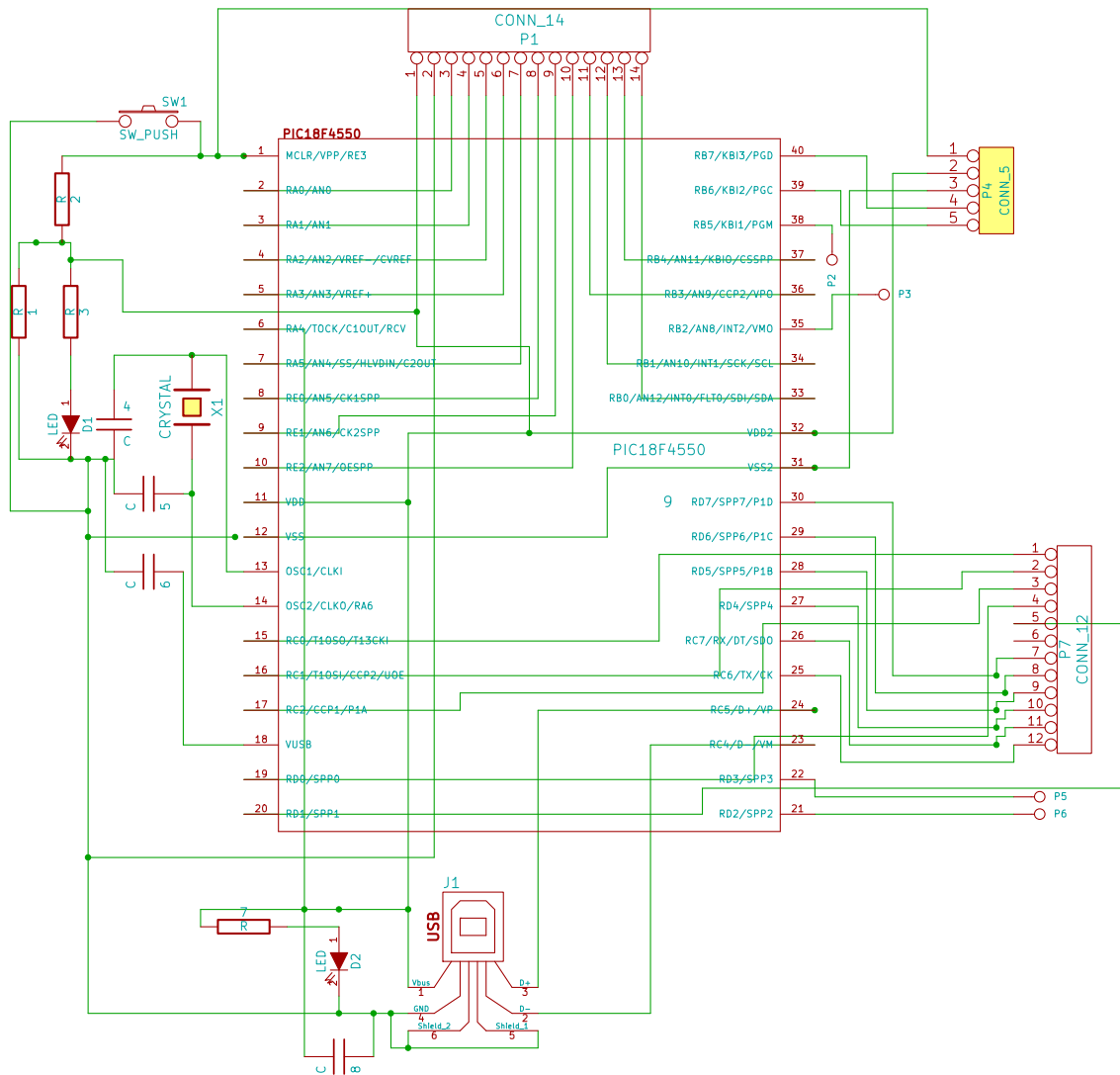




Foto de placa de modulo de temperatura, vista de conectores



Diagrama de tercer prototipo con ICD



## ANEXO J FOTOS Y GRAFICAS DE PRUEBAS DE SENSADO

Foto de medición de voltaje de salida en placa

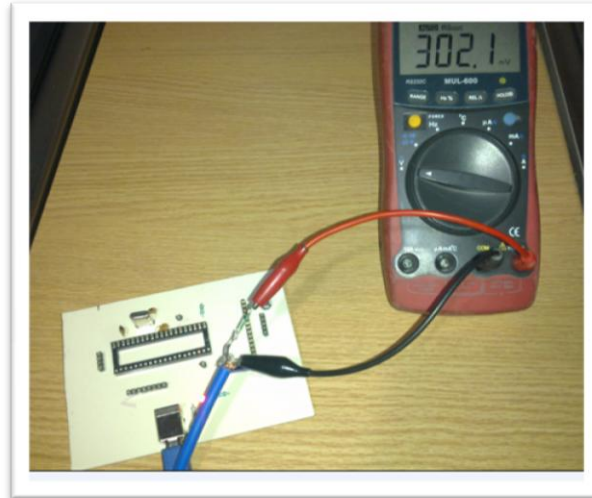


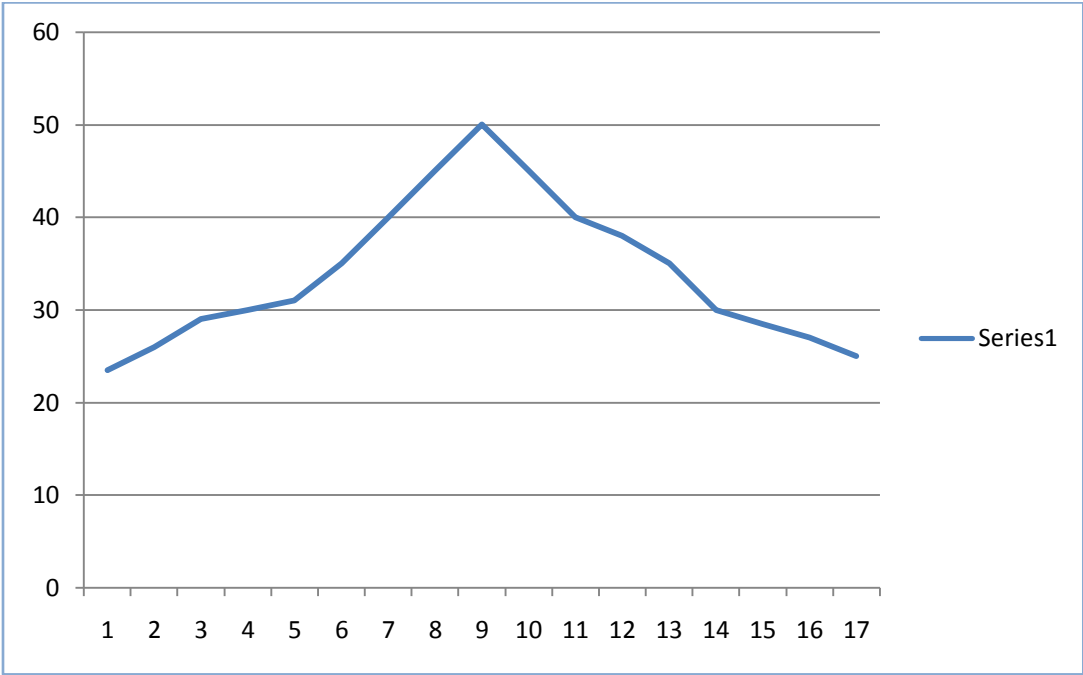
Foto de medición de voltaje en placa.



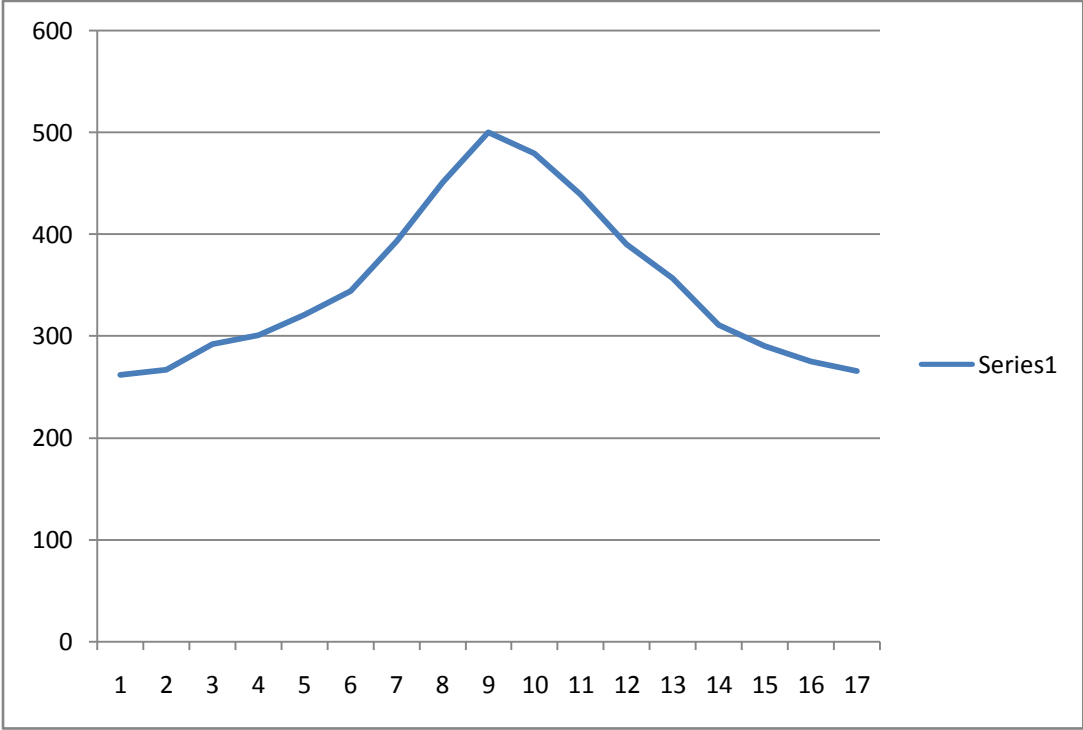
Foto de medición de temperatura a la par del sensor.



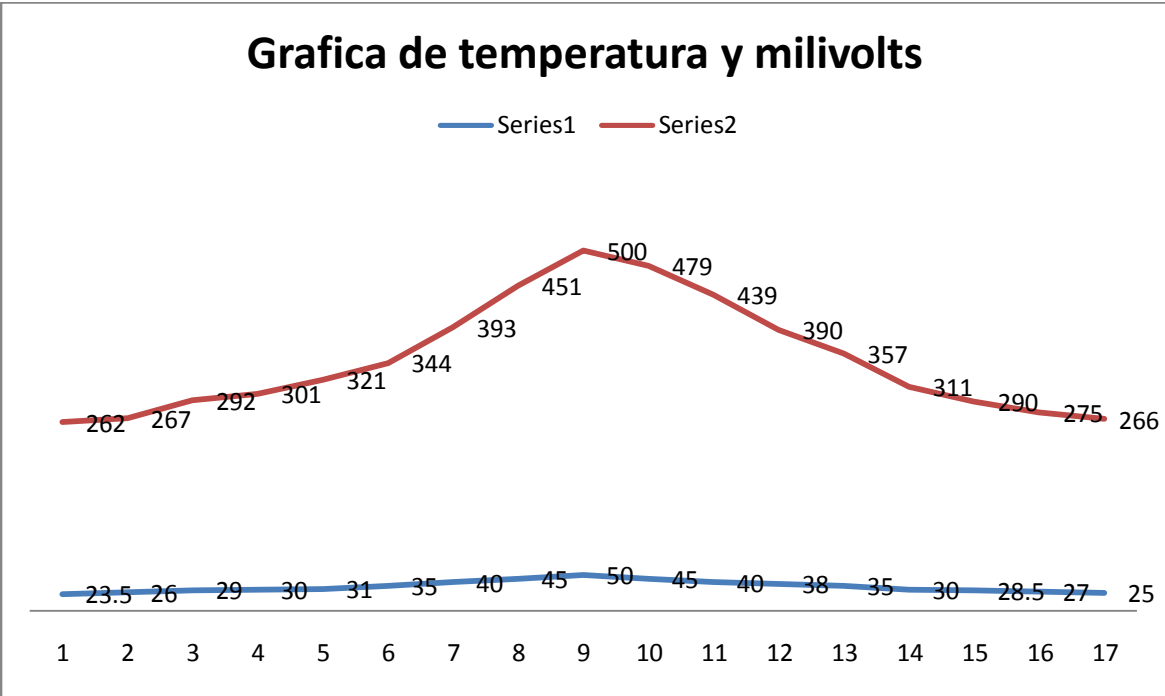
Grafica de salida de termómetro (grados Celsius promedio)



Grafica de salida de sensor (mili volts promedio)



Grafica de Comparación de barridos de temperatura (termómetro) contra voltaje (sensor)

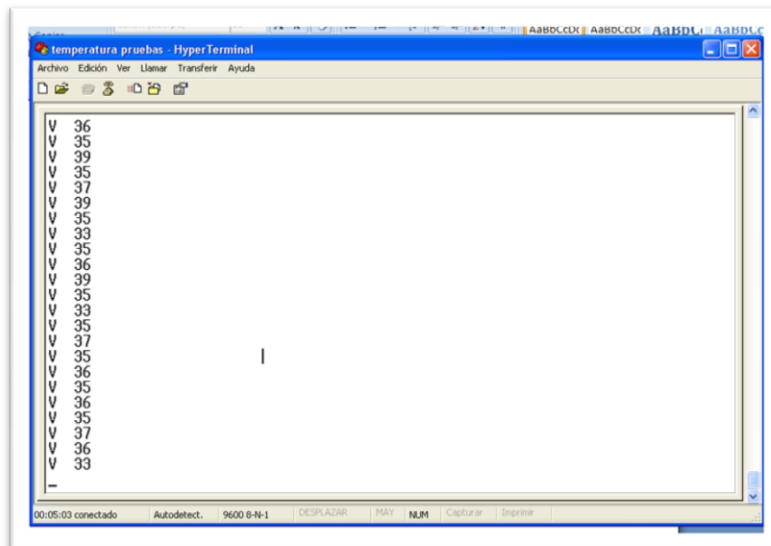
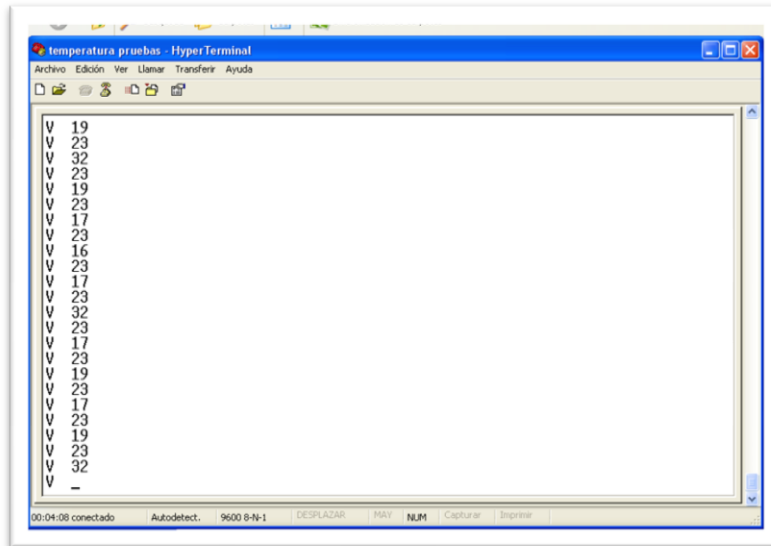


**ANEXO K FOTOS DE SISTEMA ACOPLADO FUNCIONANDO**

Placa conectada con USB funcionando



Ventana de barrido de temperatura mostrado en PC



## Precision Lowest Cost ISOLATION AMPLIFIER

### FEATURES

- 100% TESTED FOR HIGH-VOLTAGE BREAKDOWN
- RATED 1500Vrms
- HIGH IMR: 140dB at 60Hz
- 0.010% max NONLINEARITY
- BIPOLAR OPERATION:  $V_O = \pm 10V$
- 16-PIN PLASTIC DIP AND 28-LEAD SOIC
- EASE OF USE: Fixed Unity Gain Configuration
- $\pm 4.5V$  to  $\pm 18V$  SUPPLY RANGE

### APPLICATIONS

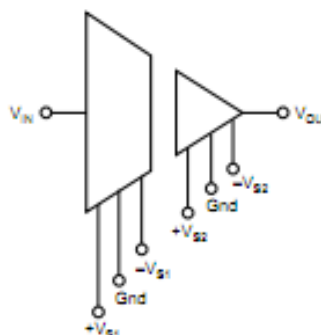
- INDUSTRIAL PROCESS CONTROL: Transducer Isolator, Isolator for Thermocouples, RTDs, Pressure Bridges, and Flow Meters, 4mA to 20mA Loop Isolation
- GROUND LOOP ELIMINATION
- MOTOR AND SCR CONTROL
- POWER MONITORING
- PC-BASED DATA ACQUISITION
- TEST EQUIPMENT

### DESCRIPTION

The ISO124 is a precision isolation amplifier incorporating a novel duty cycle modulation-demodulation technique. The signal is transmitted digitally across a 2pF differential capacitive barrier. With digital modulation the barrier characteristics do not affect signal integrity, resulting in excellent reliability and good high frequency transient immunity across the barrier. Both barrier capacitors are imbedded in the plastic body of the package.

The ISO124 is easy to use. No external components are required for operation. The key specifications are 0.010% max nonlinearity, 50kHz signal bandwidth, and  $200\mu V/^\circ C$   $V_{OS}$  drift. A power supply range of  $\pm 4.5V$  to  $\pm 18V$  and quiescent currents of  $\pm 5.0mA$  on  $V_{S1}$  and  $\pm 5.5mA$  on  $V_{S2}$  make these amplifiers ideal for a wide range of applications.

The ISO124 is available in 16-pin plastic DIP and 28-lead plastic surface mount packages.



International Airport Industrial Park • Mailing Address: PO Box 11400, Tucson, AZ 85734 • Street Address: 6730 S. Tucson Blvd., Tucson, AZ 85706 • Tel: (520) 746-1111 • Tlx: 910-952-1111  
Internet: <http://www.burr-brown.com/> • FAXLine: (800) 548-6133 (US/Canada Only) • Cable: BBRCORP • Telex: 066-6491 • FAX: (520) 899-1510 • Immediate Product Info: (800) 548-6132

## BIBLIOGRAFIA

<http://www.innsz.mx/>

[http://www.samarit.com/pdf/hocoma\\_lokomat\\_s.pdf](http://www.samarit.com/pdf/hocoma_lokomat_s.pdf)

[http://www.proquimort.com/admin/pdfs/ficha%20tecnica%20y%20hoja%20de%20seguridad%20\\_Agrihule\\_2.pdf](http://www.proquimort.com/admin/pdfs/ficha%20tecnica%20y%20hoja%20de%20seguridad%20_Agrihule_2.pdf)

<http://www.ictsl.net/productos/propiedadestecnicas>

Biomedical engineering—Encyclopedias. Metin Akay Segunda edicion Ed. John Wiley & sons Inc 2006. Canada.

Planeación, diseño y construcción de hospitales. R Ávila. Ed. Claves latinoamericanas. México. 1993.

Encyclopedia of devices and instrumentation, John G. Webster. Segunda edicion ed John Wiley & sons Inc 2006 Canada

Compilador C CCS y simulador PROTEUS para Microcontrladores PIC. Eduardo Garcia Breijo. Primera edición. 2008 Ed. Alfaomega-marcombo