



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
"ARAGÓN"

DISEÑO DEL SISTEMA DE SEGURIDAD PARA EL
TREN LIGERO DE LA CIUDAD DE MÉXICO

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE :
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICISTA
Á R E A M E C Á N I C A
P R E S E N T A N :
JOSÉ ANDRÉ MANZANO PÉREZ
EDUARDO GUZMÁN HERNÁNDEZ

DIRECTOR DE TESIS: DR. JAVIER JIMÉNEZ GARCÍA



MÉXICO

2005



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Índice.

Introducción.	1
I. Tren ligero.	3
I.1. Especificaciones técnicas del tren ligero.	11
I.2. Problemática.	17
II. Diseño del sistema de seguridad para el tren ligero de la ciudad de México.	19
II.1. Propuesta 1. Sistema tipo cortina.	19
II.2. Propuesta 2. Garras Metálicas.	21
II.3. Propuesta 3. Sistema de plumas o barreras de contención.	21
II.4. Convenio.	23
II.4.1. Especificaciones técnicas convenio.	29
II.4.1.1. Anexo 1.	29
II.4.1.2. Lógica operativa del sistema.	33
II.4.2. Subsistemas que componen el Sistema Prototipo.	43
II.4.2.1. Computadora central del cruceo (PC-104).	43
II.4.2.2. Sistema electrónico de control de semáforos.	44
II.4.2.3. Sistema electrónico de control de plumas.	44
II.4.2.4. Sistema de señalización visual y audible.	44
II.4.2.5. Sistema de transmisores y receptores láser.	44

II.4.2.6.	Sistema infrarrojo transmisor y receptor en los extremos del tren, detector de aproximación y salida del tren, sistema activador de Para-Tren.	45
II.5.	Diseño del Sistema de Seguridad.	46
II.5.1.	Barreras de Contención.	47
II.5.2.	Sistema mecánico.	48
II.5.2.1.	Memoria de Cálculo.	49
II.5.2.2.	Motorreductor.	50
II.5.2.3.	Engranés.	51
II.5.2.4.	Caja.	56
II.5.2.5.	Arrancador.	58
II.5.2.6.	Chumacera.	59
II.5.2.7.	Contrapeso.	60
II.5.2.8.	Brida de flecha de salida.	60
II.5.2.9.	Flecha cuadrada.	61
II.5.2.10.	Soporte pluma.	61
II.5.3.	Planos de detalle.	62
II.5.4.	Manuales.	74
Conclusiones.		95
Bibliografía.		96

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: ERIBERTO GARCÍA HZ

FECHA: 25/11/05

FIRMA: 

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: JOSÉ ANDRÉS NAVARRO PEREZ

FECHA: 25/11/05

FIRMA: 

Introducción.

Millones de personas salen a diario rumbo a su trabajo, ocasionando la saturación de vialidades y rutas de transporte, con un consecuente caos y pérdidas tanto económicas como en calidad de vida. Ante este fenómeno, se han buscado diversas soluciones técnicas, de ingeniería y diseño, tanto en vehículos como en infraestructura urbana; sin embargo, el problema continúa complicándose.

En la ciudad de México, por ejemplo, un promedio de cuatro millones doscientas mil personas se trasladan por el sistema de transporte colectivo en días laborales.

Actualmente el gobierno del Distrito Federal proporciona el servicio de transporte público mediante tres instancias: el Sistema de Transporte Colectivo Metro, que cuenta con un promedio de 200 trenes circulando diariamente; Servicio de Transportes Eléctricos de Trolebuses y Tren Ligero consta de 405 trolebuses que cruzan la ciudad y 16 trenes de dos carros cada uno del tren ligero, en una ruta que consta de 18 estaciones en el sur de la ciudad, de Taxqueña a Xochimilco.

Estas cifras indican la magnitud y complejidad del problema, a la vez que señalan la necesidad de soluciones multidisciplinarias, debido a la caótica y descontrolada expansión y crecimiento que se generó en la fisonomía de la urbe, en una especie de carrera local, en donde los medios de transporte tratan de alcanzar a la desbordada ciudad en su viaje sin destino por el tiempo.

Es importante destacar que los medios de transporte público de la ciudad, utilizan las rutas tradicionales, que en muchos casos conservan trayectorias trazadas desde décadas atrás, incluso del siglo XIX, que fueron modificándose, en torno de las nuevas rutas implementadas.

En la línea actual del tren ligero existen 11 cruceros, que por la propia irregularidad en la urbanización de la ciudad de México, presentan problemas puntuales, originados sobre todo, por el establecimiento de las vías ferroviarias del tren ligero, ya que estas se han colocado sobre y a través de avenidas y calles, afectando con ello no sólo al parque vehicular sino también a los peatones que transitan por esta línea.

Para controlar dicha situación, el STEDF ha establecido sistemas coordinados de semáforos, personal de supervisión y hasta un sistema mecánico de activación de plumas ferroviarias, adquirido por importación, con costos muy elevados.

Sin embargo, estos sistemas no han podido resolver las problemáticas generadas en cada uno de los cruceros del tren ligero, debido a la falta de sistemas de seguridad y a la irresponsabilidad de los conductores de vehículos que no respetan las reglas de tránsito, y hacen caso omiso de los señalamientos indicaciones, ocasionado con ello, lamentablemente decesos humanos y múltiples accidentes.

Por ello, en la presente investigación se desarrolló un sistema de seguridad, basado en receptores y transmisores infrarrojos codificados, que especifican si existe bloqueo o no dentro del crucero, todo ello controlado por una computadora central, que integra la información necesaria para activar las alarmas sonoras y visuales, para que después del tiempo calculado se ponga en marcha el sistema de plumas o barreras de contención.

Es importante mencionar que la implementación de este sistema en un crucero típico de doble circulación, ha permitido constatar su funcionalidad, ya que el frenado emergente del tren ha salvaguardado la integridad de los transeúntes, independientemente de la intervención del operador del tren Ligerero, característica peculiar del sistema, ya que todos los componentes están diseñados para retroalimentar la información y funcionar eficazmente.

Asimismo, dicho proyecto permite demostrar que las universidades en sus tareas fundamentales de docencia, investigación y difusión en la cultura, pueden incidir con éxito en aspectos tan importantes, como es el desarrollo tecnológico de Sistemas de Transporte Eléctrico, para reducir la enorme dependencia tecnológica.

I. Tren ligero.

El Tren ligero de la ciudad de México surge de la necesidad de encontrar medios de transportes efectivos y eficientes, así como económicos; lo que puede considerarse como un primer intento, es el acuerdo expedido por el ayuntamiento de la ciudad el 20 de febrero de 1881, el cual especifica:

"Única-Dígase al administrador general de la Compañía de Ferrocarriles del Distrito Federal que el Ayuntamiento concede a esa Compañía autorización para que adopte la tracción eléctrica y para que en las calles pueda sostener, por medio de ménsula y columnas de fierro los conductores eléctricos; limitando por ahora esa autorización a una sola vía, y reservándose el Ayuntamiento la facultad de fijar las condiciones definitivas para permitir el empleo de la tracción eléctrica y aún para negarlo por completo después de que se hayan hecho los ensayos prevenidos por la Secretaría de Fomento",[1].

Y fue hasta el 14 de abril de 1896, que la Compañía Limitada de los Ferrocarriles del Distrito, pidió permiso al Ayuntamiento para cambiar en algunas de sus líneas, la tracción animal por la eléctrica.

Por ello se realizaron diversos estudios acerca de las ventajas e inconvenientes que a la ciudad podría ocasionar el cambio de tracción, habiéndose encontrado que además de la mejor conservación de pavimentos y mayor limpieza en las calles, los viajes se efectuarían en menor tiempo y se fraccionarían los trenes de modo que pudieran salir con más frecuencia lo que representaba sin duda una gran ventaja para el público.

Con este documento quedaron planteados los más firmes propósitos para adoptar la tracción eléctrica, sin embargo fue hasta el 15 de enero de 1900 que se concretizaron las acciones para explotar este tipo de tracción.

Es hasta entonces que la misma Compañía de Ferrocarriles del Distrito Federal inaugura el 15 de Enero de 1900 el servicio de la primera línea electrificada de Tranvías, que iba del Zócalo a Tacubaya y posteriormente hasta Tlalpan.

El servicio comienza el día 16 para el público, con ello también, se iniciaba el reemplazo de los tradicionales tranvías de mulitas o de sangre, como los que podemos observar en la figura 1.

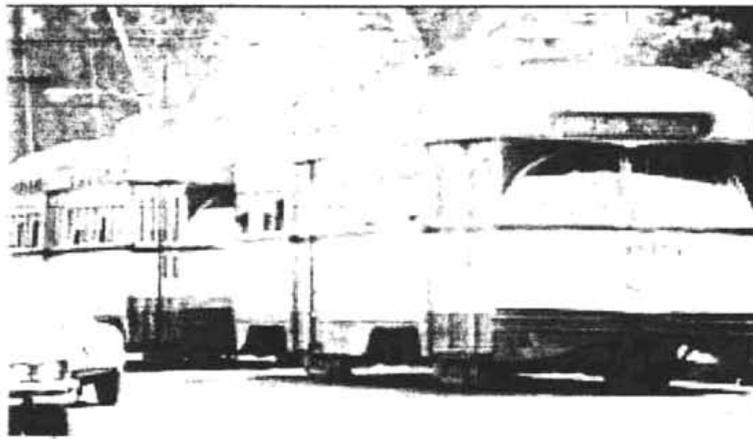


Figura 1. Primera línea electrificada de tranvías.

Desde su nacimiento, los tranvías eléctricos de la ciudad de México, se destacaron como un sistema de vanguardia tecnológica en varios sentidos: A partir de la serie de la que el "Cero" es el único sobreviviente se difundió el uso de carrocerías más anchas con filas de asientos dobles, como se ve en la figura 2.

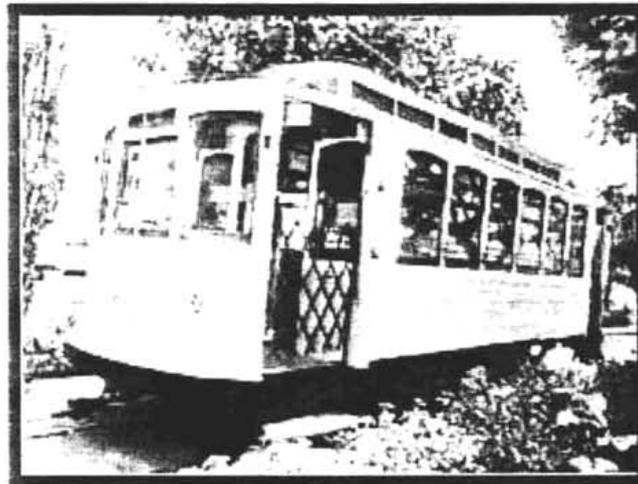


Figura 2. Tranvía cero de la ciudad.

Se experimentó con carros de 72 asientos acomodados en dos pisos, se implantó el uso de espejos retrovisores, el despacho centralizado de corridas, el sistema de tarifa múltiple para uso en carros de clase mixta que permitía una diversificación de ingresos y servicios: fúnebres, de presidiarios, excursiones privadas y turísticas, trenes de carga por horario o contratados y hasta la circulación de un tranvía presidencial, mismos trenes que podemos ver representados en su recorrido por la ciudad en una fotografía antigua en la figura 3.

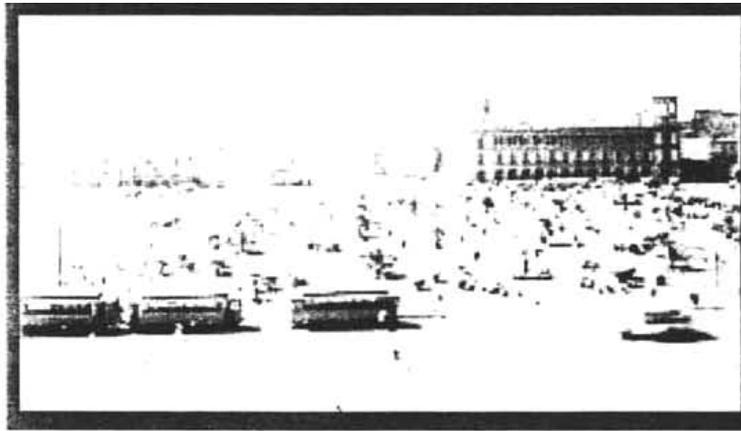


Figura 3. Antiguos trenes de la ciudad.

La Compañía de Tranvías de México con una red de 225 kms. de vías para 1909, vio terminar la primera etapa de la hidroeléctrica de Necaxa, quedando así los generadores a vapor de Indianilla como auxiliar y permitiendo en conjunto, la tremenda expansión en años subsecuentes donde se cumplió todo lo programado para antes de 1913, pero proyectos a terminar en 1918 como las líneas de Puebla y Toluca quedaron suspendidas en Tulyehualco y la Venta respectivamente; al fragor de estas obras se experimentó con innovaciones con el uso de concreto en durmientes o losas para la vía de 1,435 mm de ancho como podemos ver en la figura 3, [6]



Figura 3. Colocación de los durmientes.

Para 1922 su servicio era el de mayor difusión para el traslado de pasajeros, carga, funerario etc., estaba a la vanguardia de la publicidad ya que en la mayoría de las unidades se promocionaban diferentes empresas

Entre 1920 y 1945, diversos conflictos obrero-patronales culminaron con la declaración que el Presidente Ávila Camacho hiciera en el informe de septiembre de 1946, como consecuencia de que la Compañía de Tranvías de México no cumplió con todas las obligaciones que le imponían las concesiones; el Gobierno, después de recibir sus defensas, las declaró caducas y estaba por resolver la organización que se daría a tan importante servicio y fue así que por decreto del 31 de diciembre de 1946 se dio nacimiento a la Institución Descentralizada de Transporte Eléctrico del Distrito Federal.

En octubre de 1952, el Departamento del Distrito Federal adquiere todos los bienes de las empresas: Compañía de Tranvías de México, S.A., Compañía Limitada de Tranvías de México y Compañía de Ferrocarriles del Distrito Federal, las cuales pasaron a formar parte del patrimonio del Organismo Servicio de Transportes Eléctricos del Distrito Federal.

Consolidando esta acción el 30 de diciembre de 1955 el Congreso de la Unión decreta la Ley de la Institución Descentralizada de servicio Público "Servicio de Transportes Eléctricos del D.F." publicada en el Diario Oficial del 4 de enero de 1956, abrogando el ordenamiento del año 1946.

La operación como vía doble del tramo San Antonio Abad a Churubusco se inició en Agosto de 1905, la siguiente etapa: Churubusco - Huipulco se completó hasta Junio de 1910. Como parte de la estrategia expansionista de la Mexican Light & Power Co. (creada en 1902).

El 1o. de Junio de 1906 nació la Compañía de Tranvías de México. El 23 de Diciembre de 1924 se conforma la Alianza de Tranviarios de México.

La compañía ofrecía diversos servicios, además del transporte de pasajeros y de mercancías; distintas corridas y rutas especiales se establecieron para abarcar un mercado más amplio.

Por ejemplo, y como ya lo mencionamos antes, el servicio fúnebre a los diferentes cementerios, servicio de carga con escapes especiales para fábricas o haciendas, corridas turísticas, incluso la transportación de presos era una actividad común para la empresa.

Una vez creado este Organismo se iniciaron los planes para reestructurar y renovar el servicio.

Un primer esfuerzo para poner a tono el nivel de los transportes de tracción eléctrica, fue la adquisición de un nuevo tipo de tranvía denominado PCC.

En un primer momento, los trenes que funcionaban en la línea utilizaron las carretillas o trucks de los tranvías PCC. No obstante, fueron sustituidos posteriormente por modernos trenes modelos TE-90 y TE-95. 47 como el de la figura 4.



Figura 4. Tranvía 2000.

En ese mismo año salió a dar servicio de las instalaciones de Indianilla el tranvía 2000, único carro de este tipo, hasta que en Agosto de 1953 el Jefe del Departamento del D. F. ordenó la compra de 91 unidades más.

El tranvía PCC dio servicio en la ciudad hasta la década de los ochenta y fue el antecedente inmediato del moderno Tren Ligero figura 5.

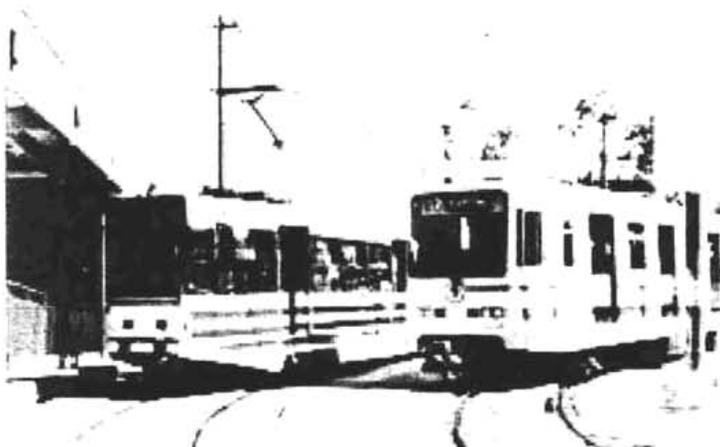


Figura 5. Reemplazo del tranvía 2000.

Sin embargo, la base de la renovación del STE, y que constituiría el símbolo característico de esta Institución, es el trolebús. Las primeras veinte unidades con

las que contó la ciudad de México fueron del modelo Westram como el que se muestra en la figura 6, compradas en 1945 a una empresa en Nueva York y armadas en los talleres de Indianilla durante 1946.



Figura 6. Trolebús modelo Westram.

Para las primeras pruebas se levantó un circuito experimental entre las calles de Villalongín y Sullivan. Sin embargo, fue hasta el viernes 9 de Marzo de 1951 cuando se inauguró el servicio formal en la línea Tacuba - Calzada de Tlalpan.

El 4 de Enero de 1956, el Congreso de los Estados Unidos Mexicanos decretó la Ley de la Institución Descentralizada de Servicio de Público "Servicio de Transportes Eléctricos del Distrito Federal". Se define a partir de esta ley al STE como un "Organismo Público Descentralizado con personalidad jurídica y patrimonio propio".

Para 1976 la red de tranvías contaba con 156 Km., pero debido a la construcción de los Ejes Viales en los años de 1974 a 1982, esta se vio reducida a 3 líneas de tranvías y 16 de trolebuses, para compensar la reducción de líneas de tranvías se construyeron nuevas rutas de trolebuses alcanzando para fines de 1988 una longitud de casi 510 km.

Al principio de los 90s fue necesario hacer una rehabilitación del parque vehicular adquirido en años anteriores.

Para el año 1991 se pusieron en servicio, en los tres Ejes Viales más importantes de la Ciudad de México, 80 unidades: 50 Marmon Herrington, figura 7.



Figura 7. Unidades Marmon Herrington.

En 1996, STE adquirió un equipo de tracción con tecnología de punta (inversor de corriente alterna VVVF) instalado en una carrocería nueva: trolebús 4206.

Para el mes de marzo del año 1997, se pusieron en operación 5 trolebuses New Flyer serie 3200, adaptados para prestar servicio especial a personas con alguna discapacidad y de la tercera edad, figura 8.

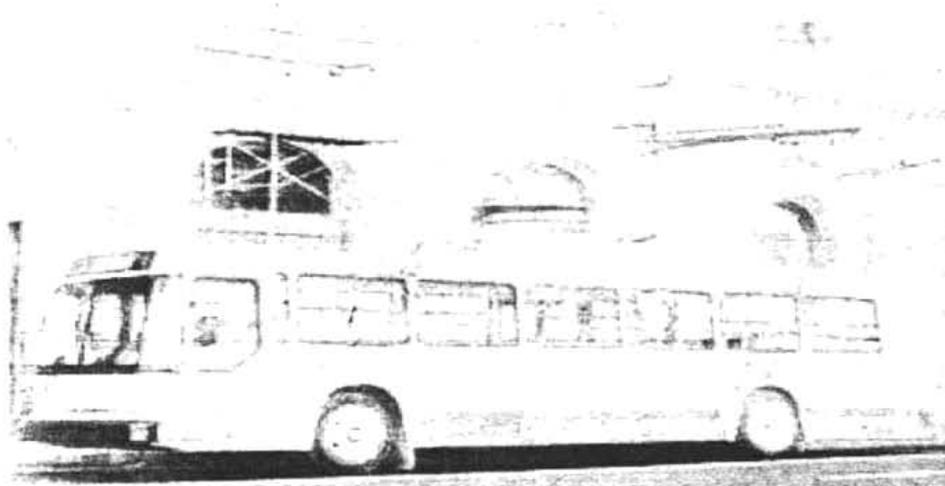


Figura 8. New flyer serie 3200.

La red de tranvías tendía a desaparecer, dando paso a la construcción de la primera línea de Tren Ligero en el sur de la ciudad, con origen y destino de Taxqueña a Xochimilco misma trayectoria que observamos en la figura 9, y que corre principalmente sobre la Calzada de Tlalpan y la Calzada México Xochimilco.



Figura 9. Ruta Tren Ligero.

La flota vehicular asignada originalmente a esta nueva línea estuvo integrada por 17 trenes que fueron construidos mediante adecuaciones y ensambles de los tranvías PCC apoyados por asesoría extranjera; sin embargo, debido a la antigüedad de varios componentes, estas presentaban frecuentes averías que interrumpían la continuidad del servicio, por lo que se retiraron de la operación y en el año de 1990 se adquirieron nuevos trenes que podemos ver en la figura 10.



Figura 10. Tren Ligero actual.

El Tren Ligero forma parte de la red de STEDF (Servicio de Transportes Eléctricos del Distrito Federal.), y opera en el sur de la ciudad de México, brindando un servicio de transporte de tipo eléctrico, muy confiable y eficiente.

Es una opción digna, económica, pero sobre todo no contaminante y desde la creación de la empresa denominada Servicio de Transportes Eléctricos del D.F." el 19 de abril de 1947, este medio ha ido evolucionando hasta lo que es hoy en día.

I.1. Especificaciones técnicas del tren ligero.

Las especificaciones técnicas son todas aquellas características que hacen del tren ligero un servicio de transporte único y diferenciable de otros medios, mismas que además de esto nos ayudan a entender el funcionamiento y operación de los trenes en sí.

Dentro de estas, podemos citar las medidas, pesos, alturas, así como capacidad individual de los trenes así como datos estadísticos del uso, mantenimiento, etc.

Los trenes ligeros articulados de piso alto están diseñados para operar en ciudades que demandan una considerable capacidad de transporte, como en nuestra ciudad de México.

El acceso como podemos ver en la figura 11, se realiza desde un andén de la estación, lo que facilita el abordaje a los pasajeros, dicho andén se localiza en medio de la Calzada, resguardado mediante una vaya de contención fabricada en concreto.

Para llegar al acceso del andén se construyeron puentes peatonales que además de ser funcionales para llegar a la estación, también lo son para cruzar las Calzadas disminuyendo el riesgo de accidentes.

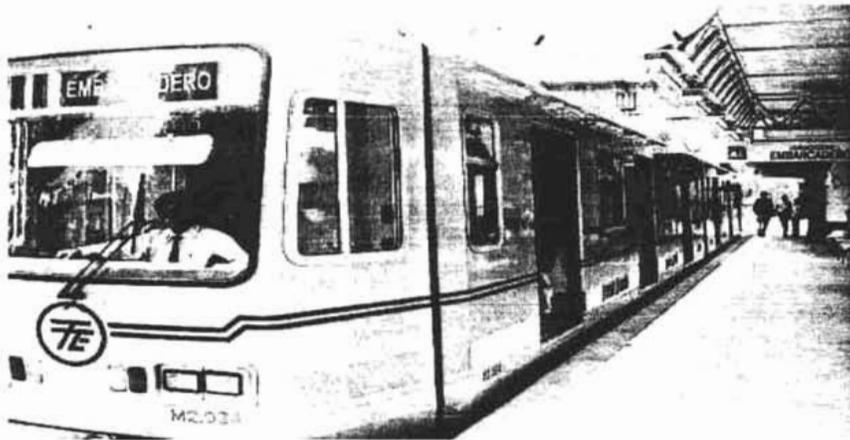


Figura 11. Andén Tren ligero.

En este tipo de vehículos los equipos principales como lo son el sistema de tracción-frenado, convertidor estático de auxiliares, batería, grupo motocompresor, equipo electrónico de control, etc., se colocan bajo el bastidor del carro o Boogie que podemos observar en la figura 12.

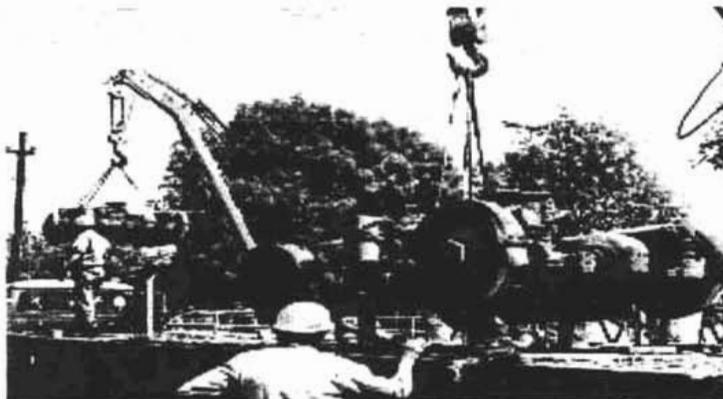


Figura 12. Colocación de los boogies.

Debido a que no existe una restricción de espacio, los bogies o trenes son de dimensiones convencionales, lo que permite el acceso a las labores de mantenimiento a cualquier nivel como podemos observar en una operación de mantenimiento en taller en la figura 13.



Figura 13. Labores de mantenimiento en talleres.

Este tipo de transporte es la alternativa ideal para disminuir no solo el problema de transporte y tráfico que se ha generado con los años, sino que también ayuda a no aumentar la contaminación, pues es el beneficio que proporciona la energía eléctrica cuando es utilizada y convertida en energía mecánica para lograr un desplazamiento mediante un motor.

En particular, es un problema que conocemos bastante bien aquí en nuestra ciudad de México y que sin duda requiere una gran atención al respecto, pues el transporte es completamente necesario e indispensable. Y no solo eso sino que además debe ser eficiente y rápido; así como tener gran capacidad.

Para describir las medidas del vagón nos referiremos a las figuras 14 y 15, donde se muestra el plano con detalle de medidas, lo cual es importante que conozcan el personal de mantenimiento y operación del Tren para obtener los mejores resultados del servicio, y con ello saber las limitantes que puede tener el vagón por ejemplo, al cargar pasajeros de mas o sobrepasar la velocidad del motor, etc.

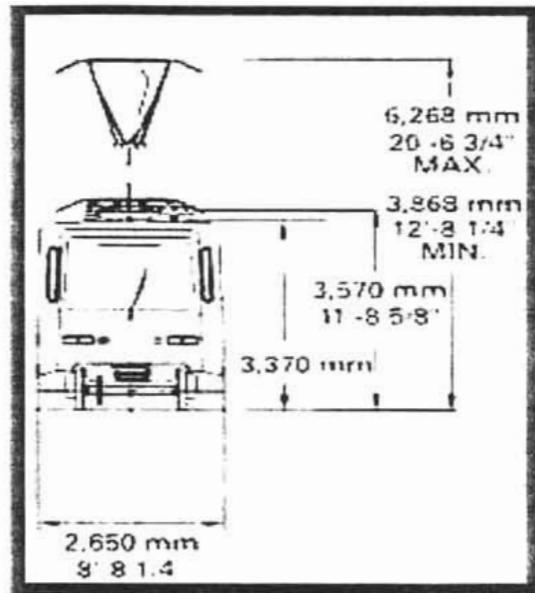


Figura 14. Frente del vagón.

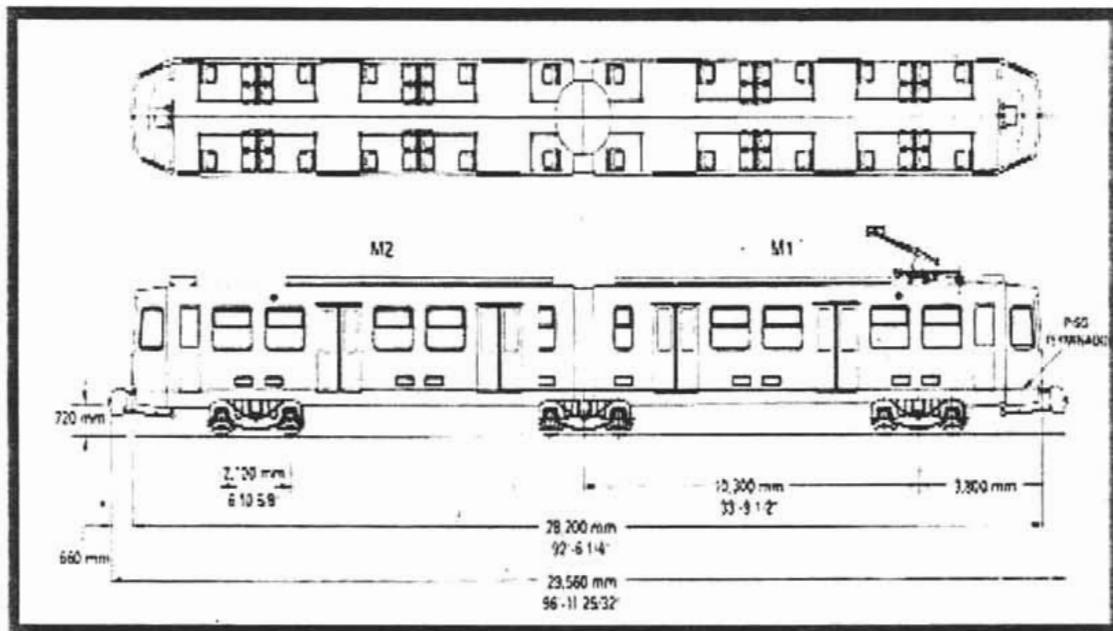


Figura 15. Vista de costado y parte inferior del vagón.

Su capacidad es para 50 Pasajeros sentados, 250 pasajeros de pie, así que el total nos da 300 pasajeros, con una ve

locidad máxima permitida en el servicio 80km/hr. como podemos observar en la figura 16 se trata de cuidar el diseño y aumentar la capacidad de carga con asientos que van pegados a sus paredes.

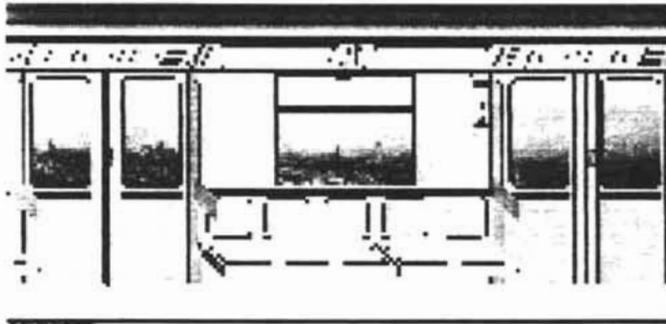


Figura 16. Asientos Tren ligero.

Su aceleración máxima es de 1.0 m/seg^2 y la desaceleración de servicio (a $\frac{3}{4}$ carga máx.) 1.0 m/seg^2 .

En situación de emergencia (con carga máx.) 1.8 m/seg^2 , su radio mínimo de curvatura horizontal 25 metros, y su radio mínimo de curvatura vertical 250 metros,[1].

Como especificaciones totalmente mecánicas y del motor tenemos que para su desempeño el motor requiere de una Tensión nominal de alimentación 600VCD, captación por catenaria, es decir por antenas.

El sistema de tracción es de tipo asíncrono, la potencia nominal del motor de tracción de 265 Kw, y este sistema de tracción es controlado por un microprocesador.

Su relación de transmisión 5.625:1. Bogie tipo H mecosoldado; cada vehículo tiene 2 bogies motrices (monomotores) y un remolque bidireccional con dos cabinas de conducción.

Posee un generación de tensión alterna trifásica, 4 hilos: 220 VAC 60 HZ a través de un convertidor estático y una generación de tensión directa a través de baterías de acumuladores; mantiene su carga por un convertidor estático.

El chasis es una laminación y estructura de acero de alta resistencia y baja aleación.

Tiene un enganche automático entre vehículos que permite acoplamiento mecánico, eléctrico y neumático, el sistema de frenado es de tipo eléctrico regenerativo, eléctrico reostático, neumático y electromagnético de emergencia y de estacionamiento.

Cuenta con una suspensión primaria tipo chevrón y una suspensión secundaria neumática.

La ventilación da una condición de confort de 28,000 m³/hr de aire nuevo proporcionado por 14 motoventiladores de tipo axial, las ventanas tipo abatible: parte inferior fija, parte superior basculante.

Las puertas de acceso de pasajeros son de tipo deslizante y la puerta de acceso de a cabina por el interior del vagón es de tipo vaivén.

En la tabla 1 podemos apreciar la relación de dimensiones y pesos de cada tren articulado, datos que son de importancia en la construcción de las rutas y accesos por los cuales circularan los mismos.

Longitud del tren	29.560 m
Longitud	28.200 m
Ancho exterior	2.650 m
Ancho interior	2.440 m
Altura máxima	3.570 m
Altura del piso	1.020 m
Altura máxima del pantógrafo	6.268 m
Altura mínima del pantógrafo	3.868 m
Altura interior	2.142 m
Altura claro libre puerta de acceso	1.900 m
Ancho claro libre puerta de acceso	1.300 m
Características de la rueda metálica	0.740 m ø
Radio de la llanta	0.370 m

Distancia entre ejes de bogies	2.100 m
Distancia entre centros de bogies	10.300 m
Distancia entre caras de ruedas	1.360 m
Peso de carga con capacidad máxima	(300 pasajeros) 61,000 kg
Ancho de vía	1.435 m
Peso vacío	40,000 kg.

Tabla 1. Dimensiones y pesos.

Esta información nos sirve solo como un dato de referencia para conocer las especificaciones necesarias para el uso correcto ya sea usuario o prestador del servicio, así como el personal de mantenimiento y los ingenieros diseñadores del sistema en general.

1.2. Problemática.

La problemática como la hemos ido conociendo a lo largo de la lectura, se enfoca a diversos sectores y se debe a múltiples razones, comenzaremos por decir que solo en nuestra ciudad y los municipios conurbados, el tránsito de vehículos privados asciende a poco más de tres millones de unidades.

Este ritmo de crecimiento ha generado una gran emisión de contaminantes, que acentúa conflictos viales e impacta la circulación de las principales arterias viales de forma que se refleja en una reducción de velocidad que en algunos casos es extremo.

Estudios realizados por INEGI y el diagnóstico realizado por el Fideicomiso de Estudios Estratégicos de la Ciudad de México, señalan que cada auto transporta 1.7 pasajeros, lo que expresa la ineficiencia de la demanda de movilidad en la zona metropolitana.

De acuerdo con el análisis del fideicomiso, se calcula que para transportar a 1530 pasajeros, se requiere en equivalencia: un solo tren del metro, 900 automóviles, si fuera en microbús serían 39 unidades o 20 autobuses. Respecto al consumo energético y emisión de contaminantes, por cada 12 kilómetros recorridos, el consumo del metro es de 15 litros de diesel, que no emiten contaminantes; los 900 autos requieren 587 litros de gasolina y emisión de contaminantes de 50.6 grs/pas/km; al consumir 306 litros de gasolina los micros emiten 11.6 gr de

contaminante por cada pasajero/ km; autobuses gastan 153 litros de diesel para emitir contaminantes por 1.5gr/pas/km.

Por ello es necesario resaltar la importancia que tiene el transporte público como medio para disminuir la contaminación del ambiente, así como optimizar los viajes y transportar mayor número de pasajeros en menos tiempo.

El panorama para el transporte público en la Ciudad de México es de mejoramiento, ampliación y modernización a efecto de eficientar la operación de los servicios que se ofrecen a la ciudadanía.

En esta ocasión nos referimos al Servicio de Transportes Eléctricos: trolebuses y tren ligero.

Pero es aquí en donde entramos de lleno al problema que aqueja en particular a la vialidad y seguridad del sistema de transporte colectivo denominado Tren ligero, pues en este largo camino hacia la superación y optimización del servicio, se han encontrado diversas dificultades que de las que mas nos interesan, mencionaremos el difícil e inseguro paso del tren a través de cruceros en algunas estaciones.

Y no podemos dejar de mencionar que esto ha llegado a costar mucho dinero e incluso vidas humanas, por lo que entraremos de lleno al diseño de un mejor sistema en estos cruceros, que nos pueda garantizar un buen funcionamiento, un bajo costo de operación y mantenimiento, así como la fácil instalación y reparación de los mismos.

II. Diseño del sistema de seguridad para el tren ligero de la ciudad de México.

En la línea actual del tren ligero existen 11 cruces, que por la propia irregularidad en la urbanización de la ciudad de México, presentan problemas puntuales, originados sobre todo, por el establecimiento de las vías ferroviarias del tren ligero, ya que estas se han colocado sobre y a través de avenidas y calles, afectando con ello no sólo al parque vehicular sino también a los peatones que transitan por esta línea.

Para controlar dicha situación, el STEDF ha establecido sistemas coordinados de semáforos, personal de supervisión y hasta un sistema mecánico de activación de plumas ferroviarias, adquirido por importación, con costos muy elevados.

La problemática surge de la necesidad de controlar el flujo de los vehículos en las avenidas adyacentes al trayecto del tren eléctrico de Tlalpan. Actualmente existe un sistema electromecánico de diseño y manufactura francesa, por lo que cada vez que existe una avería o hay que cambiar algún elemento del sistema, no es posible realizarlo inmediatamente, además es muy costoso y de que se depende del soporte técnico extranjero.

Sin embargo, estos sistemas no han podido resolver las problemáticas generadas en cada uno de los cruces del tren ligero, debido a la falta de sistemas de seguridad y a la irresponsabilidad de los conductores de vehículos que no respetan las reglas de tránsito, y hacen caso omiso de los señalamientos e indicaciones, ocasionado con ello, lamentablemente decesos humanos y múltiples accidentes.

Debido a que las autoridades de la Dirección de Servicios de Transporte Eléctrico del Distrito Federal, requerían de un "Sistema Prototipo de Seguridad para el Tren Ligero", en los cruces de control de tráfico, se eligió un caso típico de cruce con doble circulación en cruce con vías del tren, característico de la ciudad de México, en donde su aplicación nos permitirá constatar su funcionalidad.

Para ello se evaluaron diferentes propuestas que a continuación se describen.

II.1. Propuesta 1. Sistema tipo cortina.

Se planteó un sistema de tipo cortina o malla figura 17, de características singulares, que regulara el paso de vehículos. Este proyecto sería diseñado y manufacturado en el país por lo que se abatirían costos, y las reparaciones serían más rápidas ya que se conocería perfectamente el funcionamiento del sistema.

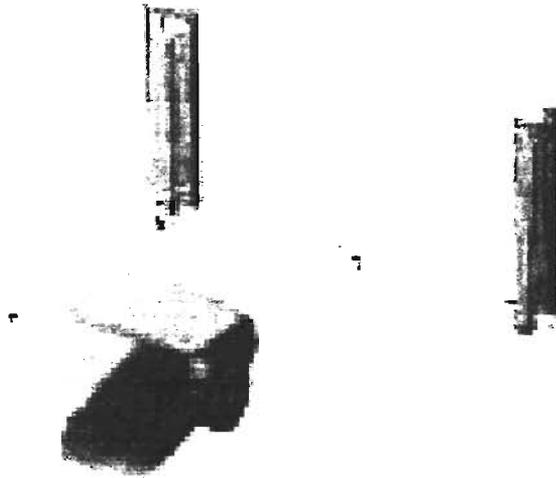


Figura 17. Sistema tipo cortina o malla.

Se deberán diseñar las cortinas de contención con las siguientes características:

- ✓ Sistema mecánico de poleas para trabajo pesado, las cuales estarán alojadas en perfil de aluminio extruido, que tendrá que ser inmune a los cambios de temperatura y a las condiciones climatológicas de la ciudad de México.
- ✓ Protector de metal para evitar ataques vandálicos.
- ✓ Malla de Kevlar®, que evita el desgarre y corte de la misma con la ventaja de que tiene un retardo a la flama muy elevado.

Descripción del sistema tipo cortina.

El sistema de contención propuesto consistía en un sistema de poleas y cables para realizar los movimientos requeridos de apertura y cierre.

El sistema móvil, estaría alojado dentro de los postes, mientras que los motores se encontrarían ubicados en la base de cada uno de los mismos.

Al registrarse la proximidad de un tren al cruce, el sensor mandaría una señal para activar los semáforos y así prevenir a los automovilistas de la cercanía del tren y de la activación del sistema de contención de tráfico; activándose con sincronía los motores para que la cortina pudiese funcionar.

Sin embargo el sistema presentaba algunos inconvenientes de diseño y selección de materiales, pues el ubicar la malla por las dimensiones tan grandes 16 X 4 metros, ocasionaba conflictos para el manejo, resguardo y seguridad de la misma,

ya que se pensó colocar por debajo del piso para que ascendiera en el momento planeado.

Además de que su costo por ser de importación generaba mayor complicación para su adecuado funcionamiento.

II.2. Propuesta 2. Garras Metálicas.

Este sistema permitía por medio de sensores activar unas garras metálicas que salían del pavimento con un ángulo de 45° en contra del flujo vehicular, lo cual provocaba el alto total del parque vehicular que pretendiera cruzar indebidamente por las vías del tren ligero, figura 18.

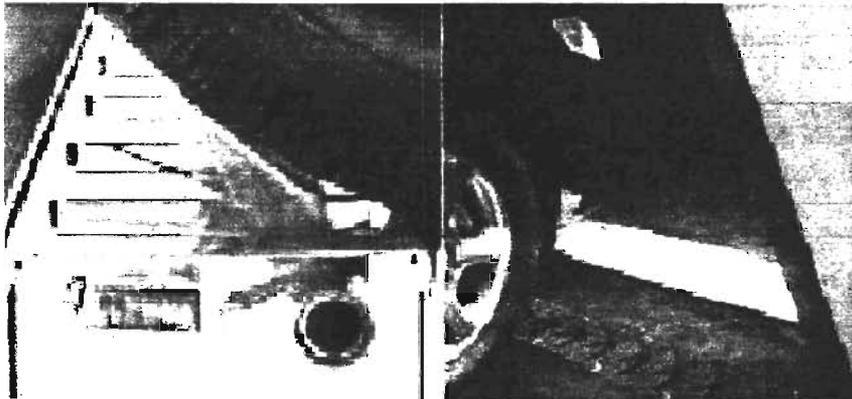


Figura 18. Sistema de garras metálicas.

Obviamente este sistema provocaría severos daños al parque vehicular, teniendo graves accidentes por la falta de cultura vial existente en el país.

II.3. Propuesta 3. Sistema de plumas o barreras de contención.

Este sistema de seguridad esta basado en receptores y transmisores infrarrojos codificados, para especificar si existe bloqueo o no dentro del cruce, todo ello controlado por una computadora central, que integrará la información necesaria para activar las alarmas sonoras y visuales que se proponen, para que después

del tiempo calculado se ponga en marcha el sistema de plumas o barreras de contención.

Es importante mencionar que éste sistema de seguridad permitirá un frenado emergente del tren para salvaguardar la seguridad de los transeúntes independientemente de la voluntad del operador, característica peculiar del sistema, ya que todos los componentes están planeados para retroalimentar la información y funcionar eficazmente, figura 19.

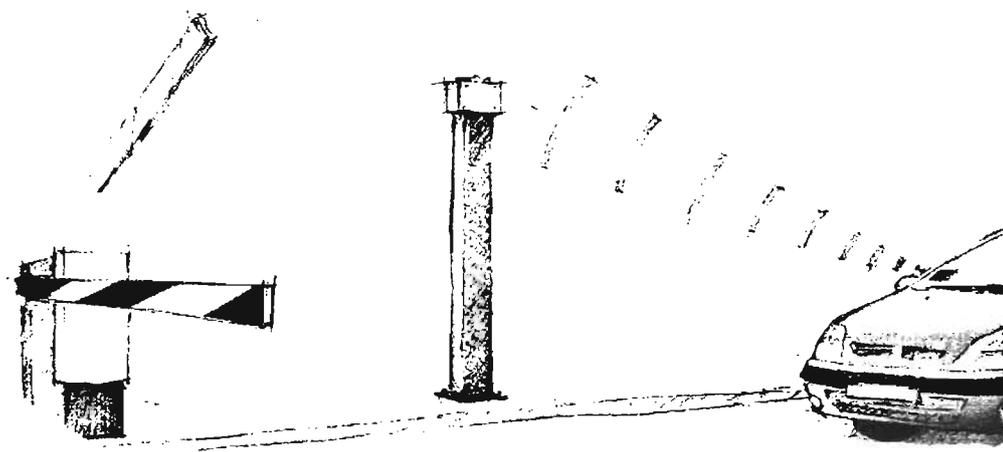


Figura 19. Sistema de barrera de contención con frenado emergente

Después de haber evaluado las propuestas mencionadas, analizado a fondo las características de cada una de ellas, los costos implícitos, la lluvia de ideas en cuanto al diseño y sobre todo la repercusión o impacto social que tendría el utilizar las distintas propuestas, se llegó al acuerdo de que la propuesta número 3, Sistema de plumas o barreras de contención, era la mejor opción para integrarla a los cruces del Tren Ligero de la ciudad de México.

Para ello se estableció el convenio respectivo entre el Sistema de Transporte Eléctrico del Distrito Federal STEDF y la Universidad Nacional Autónoma de México UNAM, representada por el Instituto de Investigación en Materiales y la Facultad de Estudios Superiores Aragón (Centro Tecnológico Aragón), para desarrollar el proyecto en el Área de Comportamiento de Materiales.

Una vez efectuado lo anterior, se establecieron entre las tres instancias las especificaciones técnicas que debía contener el proyecto y que se desarrollarían a lo largo del mismo y que a continuación se muestran en el desglose del convenio firmado por las instancias correspondientes.

II.4. Convenio.

Convenio específico de colaboración que celebran por una parte el organismo público descentralizado servicio de transportes eléctricos del distrito federal, a quien en los sucesivos se le denominaba "S.T.E.D.F.", representado por su Directora General Dra. Florencia Serranía Soto, y por la otra parte la Universidad Nacional Autónoma de México, a quien en lo sucesivo se le denominará "UNAM", representado por su coordinador de la investigación científica. Dr. René Raúl Drucker Coun, con la asistencia del Dr. Julio Alberto Juárez Islas, coordinador del programa universitario de ciencia e ingeniería de materiales, derivado del convenio general de colaboración número 10201-303-23-IV01 celebrado entre el gobierno del Distrito Federal, representado por su Jefe de Gobierno Lic. Andrés Manuel López Obrador, y la Universidad Nacional Autónoma de México, representada por su rector, Dr. Juan Ramón de la fuente Ramírez, de conformidad con las siguientes declaraciones y cláusulas.

Declaraciones

I. S.T.E.D.F. DECLARA:

- I.1 Que es un Organismo Público Descentralizado constituido mediante Decreto de fecha 30 de diciembre de 1955, publicado en el Diario Oficial de la Federación del 4 de enero de 1956, con personalidad jurídica y patrimonio propios, teniendo entre otros objetivos, a administración y operación de los sistemas de transportes eléctricos y de transporte auxiliar en el Distrito Federal.
- I.2 Que su Directora General cuenta con facultades suficientes para suscribir el presente Convenio, con fundamento en artículo 54, fracción 1 de la Ley Orgánica de la Administración Pública del Distrito Federal, artículo 9º, incisos b) y c) de la Ley de la Institución Descentralizada de Servicio Público "Servicio de Transportes Eléctricos del Distrito Federal" y artículo 16 de su Estatuto Orgánico, así como en el testimonio de la Escritura Pública número 30,921 de fecha 8 de enero de 2002, otorgada ante la fe del Notario Público número 173 de la Ciudad de México, Licenciado Francisco Xavier Arredondo Galván.
- I.3 Que es necesario realizar un proyecto de desarrollo tecnológico sobre un Sistema de Seguridad para Cruceros del Tren Ligero, el cual incluye la señalización vertical y horizontal en los cruceros, mecanismos de barreras automáticas accionados por una lógica computacional de control que interactúe con el sistema de semáforos viales, que pueda ser instalado en todos los cruceros a nivel del Tren Ligero de "S.T.E.D.F.", con excepción del cruce denominados "Huipulco". Para tal fin, será necesario el desarrollo de un sistema prototipo, el cual deberá ser instalado, probado y validado en uno de los cruceros en cuestión.

- 1.4 Que es necesario realizar el Proyecto Ejecutivo de un cruce, para que dicho sistema pueda ser instalado en uno de los cruces del Tren Ligero del "S.T.E.D.F.", de acuerdo con lo señalado en el anexo 1.
- 1.5 El presente instrumento se realiza debido a que es indispensable incrementar el nivel de seguridad para usuarios, peatones y automovilistas, en todos los cruces a nivel del Tren Ligero de "S.T.E.D.F.", lo que permitirá paralelamente mejorar las condiciones operativas de este modo de transporte al incrementar la velocidad promedio, disminuir los tiempos de viaje, mejorar el intervalo de paso y la imagen de "S.T.E.D.F."
Lo anterior se deriva del hecho de que "S.T.E.D.F." no cuenta con todos los recursos tecnológicos y humanos para su desarrollo y ha recurrido a la UNAM, quien sí cuenta con los recursos necesarios.
- 1.6 Que para cubrir las erogaciones que se deriven de este Convenio cuenta con la suficiencia presupuestal correspondiente.
- 1.7 Que para el ejercicio y cumplimiento del presente instrumento, señala como domicilio el ubicado en Av. Municipio Libre 402, Col. San Andrés Tetepilco, Delegación Iztapalapa, C.P. 09440, México, Distrito Federal.

II. EL UNAM DECLARA, A TRAVÉS DE SU REPRESENTANTE LEGAL

- II.1 Que de conformidad con el artículo 1° de su Ley Orgánica publicada en el Diario Oficial de la Federación del 6 de enero de 1945, es una corporación pública, organismo descentralizado del Estado, dotada de plena capacidad jurídica y que tiene por fines impartir educación superior para formar profesionistas, investigadores, profesores universitarios y técnicos útiles a la sociedad, así como organizar y realizar investigaciones, principalmente acerca de las condiciones y problemas nacionales, y extender con mayor amplitud posible los beneficios de la cultura.
- II.2 Que la representación Legal de esta casa de estudios recae en su Rector, Dr. Juan Ramón de la Fuente Ramírez, según lo dispuesto en el artículo 9° de su Ley Orgánica y 30 de su Estatuto General.
- II.3 Que señala como su domicilio legal, para los efectos de este instrumento, el noveno piso de la Torre de Rectoría, Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, Código Postal 04510, México D.F.
- II.4 Que cuenta con la toda la capacidad técnica necesaria, tanto en recursos humanos como de infraestructura, para desarrollar satisfactoriamente todos los trabajos objeto del presente convenio.

III. AMBAS PARTES DECLARAN.

- III.1 Que se sujetarán a todas las disposiciones indicadas en el Convenio General de colaboración número 10201-303-23-1V-01 celebrado entre el Gobierno del Distrito Federal y la Universidad Nacional Autónoma de México, de fecha dos de mayo de dos mil uno.
- III.2 Que se reconocen la personalidad con que se ostentan para todos los efectos y fines legales a que haya lugar.
- III.3 Que están interesados en fortalecer, a través de este Convenio de colaboración, el desarrollo de acciones tendientes a incrementar la productividad del "S.T.E.D.F." en los servicios que presta a la Sociedad Mexicana.
- III.4 Que están conformes a sujetar su compromiso a los términos y condiciones insertos en las siguientes cláusulas.

CLÁUSULAS

PRIMERA.- La "UNAM" realizará los trabajos por los conceptos señalados a continuación.

- a) Desarrollo de un prototipo de Sistema de Seguridad para Cruceros del Tren Ligero, el cual deberá incluir, en términos generales, al menos los siguientes conceptos:
- La señalización vertical y horizontal necesaria para el crucero en el cual se instalará el prototipo, cumpliendo con las normas correspondientes en materia de transporte y vialidad.
 - Funcionamiento y operación de acuerdo con lo señalado en el anexo 1 de este Convenio.
 - Mecanismos de barreras automáticas de tipo ferroviario.
 - Sistema de detección de obstrucción en crucero, utilizando emisores y receptores de rayo láser.
 - Señales para Trenes (semáforos ferroviarios de posición vertical y horizontal).
 - Instalación y acoplamiento del sistema de paratrén magnético de los trenes.
 - Sensores de entrada y salida de trenes.
 - Alarmas de tipo ferroviarias.
 - Fuente de alimentación de energía eléctrica para todo el sistema prototipo, a partir de la energía eléctrica de la catenaria del Tren Ligero.
 - Interfase electrónica con el sistema de control de semáforos viales de la Secretaría de Seguridad Pública del Gobierno del D.F.
 - Módulo de control electrónico computarizado, el cual será el responsable de controlar la operación de todos los dispositivos del crucero y que deberá ser

reprogramable y expandible para satisfacer la geometría de los cruceros restantes del Tren Ligero.

- Instalación y puesta en servicio, que incluye pruebas de funcionamiento y validación.
- Manuales de operación y mantenimiento, catálogo de partes, así como una lista de proveedores.
- Capacitación para la operación y mantenimiento.
- Programas fuente del sistema operativo del Módulo de control electrónico computarizado.
- Todos los sistemas y dispositivos que se empleen, deberán ser de vanguardia tecnológica y de la más alta fiabilidad.

Los términos particulares del prototipo requerido, se señalan en el anexo 1 de este convenio.

b) Elaboración del Proyecto Ejecutivo para que el sistema prototipo descrito en el inciso anterior, pueda ser instalado en uno de los cruceros del Tren Ligero, de acuerdo con lo señalado en el anexo 1, y que deberá incluir al menos los siguientes conceptos.

- Conjunto de planos generales y de detalle, para el crucero en cuestión, en los cuales se especifique claramente la composición, la interacción, el funcionamiento y características de detalle, de todos y cada uno de los elementos que componen al sistema de seguridad del crucero.
- Protocolo de funcionamiento y operación del sistema en el crucero.
- Todas las memorias descriptivas y de cálculo para sistema prototipo.
- Catálogo de conceptos para la instalación del sistema en el crucero.
- Normas y especificaciones técnicas que contengan la información y definan los aspectos para la instalación del sistema prototipo.

Los términos particulares del Proyecto Ejecutivo, se señalan en el anexo 1 de este convenio.

SEGUNDA.- "S.T.E.D.F." aportará a la "UNAM" la cantidad de \$1,700,000.00 (UN MILLON SETECIENTOS MIL PESOS 00/100 m.n.) por el concepto del desarrollo del Sistema de Seguridad prototipo y Proyecto Ejecutivo, indicados en la Cláusula Primera.

TERCERA.- "S.T.E.D.F." cubrirá los pagos de la siguiente forma:

Un primer pago por el 30 % del monto total del Convenio a la entrega del Primer Reporte Parcial que contenga el diseño completo del Sistema de Seguridad Prototipo, en los términos indicados en este Convenio y en su Anexo 1.

Un segundo pago por el 30 % del monto total del Convenio a la entrega del Proyecto Ejecutivo para la instalación del Sistema Prototipo en el crucero seleccionado, en los términos indicados en este Convenio y en su Anexo 1.

Un tercer pago por el 40 % del monto total del Convenio a la entrega del Segundo Reporte Parcial que contenga todos los resultados de instalación, pruebas y validación a total satisfacción de "S.T.E.D.F." del Sistema Prototipo en los términos indicados en este Convenio y en su Anexo 1.

CUARTA.- El plazo de entrega de los Reportes y Proyecto Ejecutivo señalados en la cláusula tercera, será de acuerdo con el programa de trabajo descrito en el Anexo 1 de este Convenio.

QUINTA.- A más tardar a los quince días de firmado el presente Convenio, tanto "S.T.E.D.F." como la "UNAM", deberán designar a los responsables técnicos que llevarán a cabo el seguimiento y evaluación de los trabajos objeto del presente Convenio.

SEXTA.- La "UNAM" deberá permitir al o los responsables de "S.T.E.D.F.", el acceso a sus instalaciones, con el propósito de facilitar las labores de seguimiento y supervisión sobre los trabajos que se realicen objeto de este Convenio.

SÉPTIMA.- Ambas partes podrán suspender anticipadamente el Convenio en cualquier momento, por causas justificadas o por razones de interés general, o bien por mutuo consentimiento, sin responsabilidad para los Organismos, dando el aviso a la otra parte por escrito, con 10 días hábiles de anticipación; realizándose por ambas partes el análisis de los trabajos efectuados hasta la fecha de suspensión, y de ser el caso "S.T.E.D.F." cubrirá a "UNAM" los gastos relacionados con el alcance del cumplimiento del Convenio, debidamente demostrados.

OCTAVA.- La "UNAM" se obliga a cumplir con lo pactado en el presente Convenio, así como con el contenido del programa de actividades, especificaciones técnicas, y alcances descritos en el Anexo 1 de este Convenio.

NOVENA.- El "S.T.E.D.F." podrá dar por terminado el presente Convenio por cualquiera de las causas que a continuación se enumera:

1. Si la "UNAM" suspende justificada o injustificadamente la ejecución de los trabajos acordados en el presente instrumento.
2. Si la "UNAM" no realiza los trabajos de conformidad con el estipulado en este Convenio, o sin motivo justificado no acata las especificaciones que de común acuerdo establezcan ambos Organismos por escrito.

DÉCIMA.- Si el "S.T.E.D.F." considera que "UNAM" ha incurrido en alguna de las causas de terminación consignadas en la cláusula Novena, lo comunicará por escrito en un plazo que no excederá a 10 días naturales.

DÉCIMA PRIMERA.- El presente Convenio podrá ser modificado o adicionado por voluntad de las partes mediante la celebración de un Addendum. Las modificaciones a adiciones estarán vigentes a partir de su fecha de firma.

DÉCIMA SEGUNDA.- Las partes manifiestan que el presente Convenio es un producto de buena fe, por lo que realizarán todas las acciones posibles para su cumplimiento, pero en caso de presentarse alguna discrepancia sobre su interpretación, las partes resolverán de mutuo acuerdo, y por escrito las diferencias.

DÉCIMA TERCERA.- La propiedad intelectual que derive de los trabajos realizados con motivo de este CONTRATO ESPECIFICO estará sujeta a las disposiciones legales aplicables, y a los instrumentos específicos que sobre el particular suscriban las partes, las cuales otorgarán el reconocimiento correspondiente a quienes hayan intervenido en la ejecución de dichos trabajos.

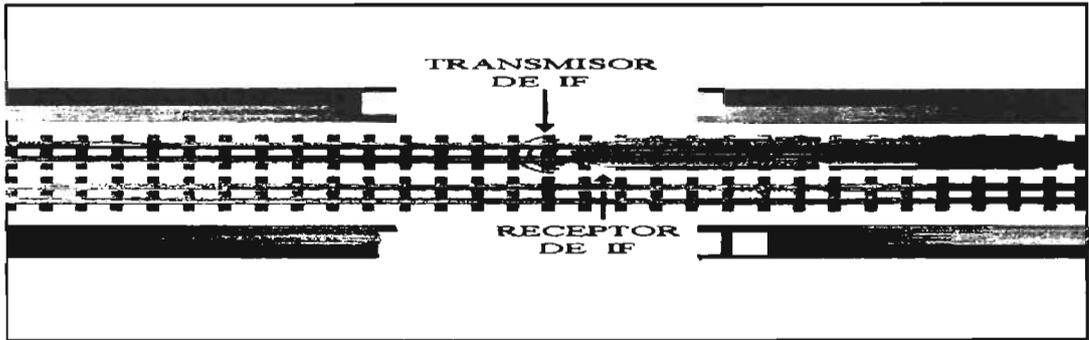


Figura 21. Localización de rayos infrarrojos.

El transmisor operará de forma permanente y tendrá la función de enviar información codificada hacia los receptores instalados a lo largo de las vías, ubicados en lugares estratégicamente calculados para cada cruce.

El receptor al frente del tren captará la señal de emergencia emitida por los transmisores de frenado automático instalados próximo a los cruces.

En la figura 20, los puntos R9 y R5 son receptores detectores de infrarrojos codificados, su función es detectar la aproximación de un tren al cruce, estos enviarán una señal al computador de cruce y a su vez éste activará una alarma sonora y visual para indicar a los transeúntes que el tren se aproxima al cruce, después de un tiempo calculado el computador cambiará el estado del semáforo y activará las plumas.

Si las plumas bajaron completamente, éstas enviarán una señal al computador indicando que la acción se ha llevado a cabo sin bloqueo y éste a su vez enviará como respuesta una señal a los transmisores de rayos láser T1, T2 y T3 para activarlos, figura 22.

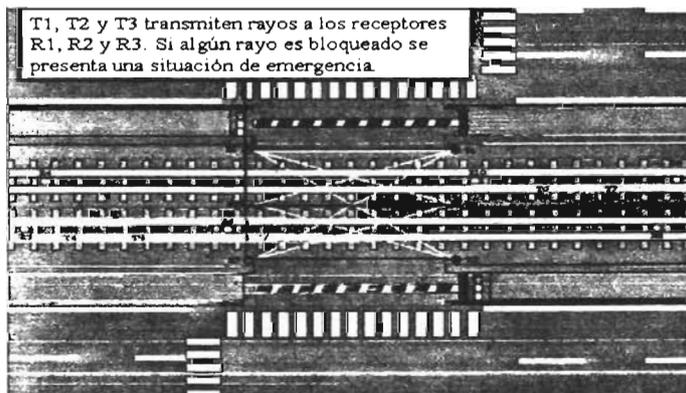


Figura 22. Ubicación de los transmisores de rayos láser.

Si las plumas no se desplazaron hasta el límite, seguramente se debió a que fueron bloqueadas por un obstáculo y deberán informar al computador de cruceo de la presencia de ésta, a su vez el computador de cruceo interpretará ésta señal como una situación de emergencia y activará instantáneamente los transmisores de frenado emergente T4, T5, T6 y T7.

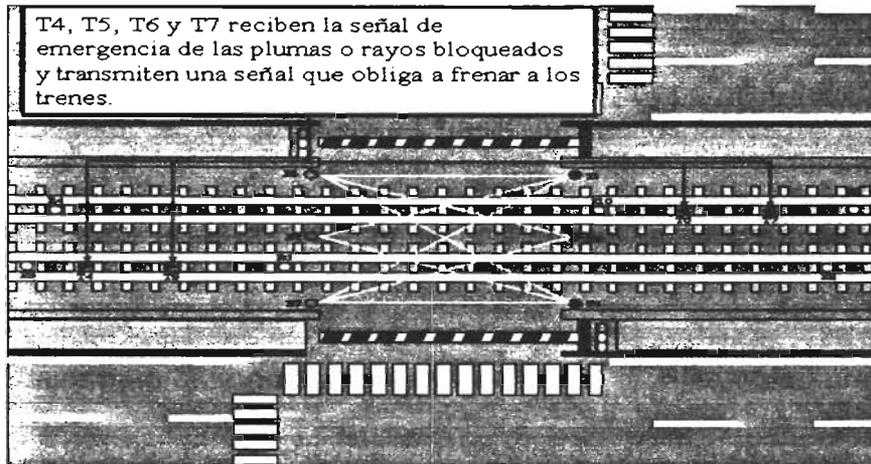


Figura 23. Sensores para frenado de emergencia.

T1, T2 y T3 forman un grupo de transmisores codificados de rayos láser, que transmitirán su señal a los receptores R1, R2 y R3, con el objeto de detectar si algo los obstruye, figura 24.

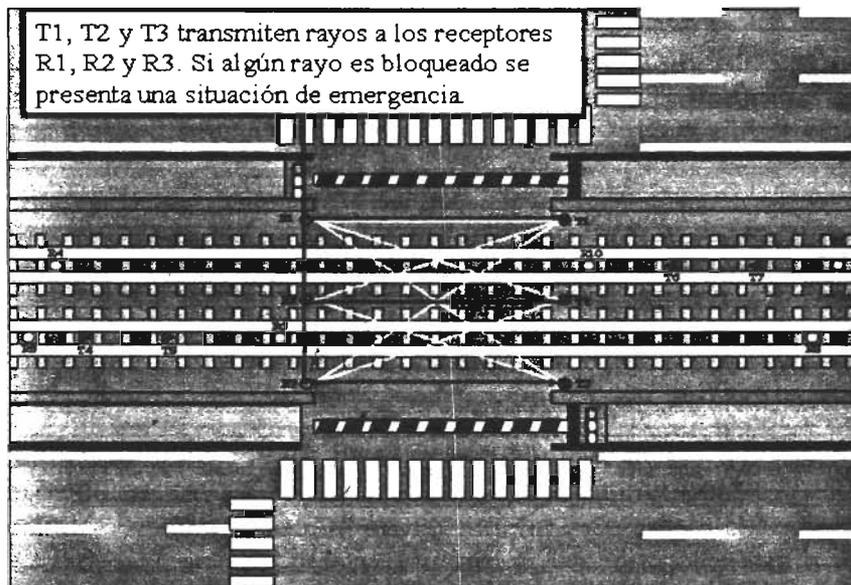


Figura 24. Grupo de transmisores codificados.

Así el juego de rayos forma un campo de acción que detectará prácticamente a cualquier objeto que los obstruya en un rango confiable de detección. Si uno o mas de ellos presentan bloqueo, los receptores R1, R2 Y R3 enviarán una señal de emergencia al computador de crucero quien a su vez activará los transmisores de frenado emergente T4, T5, T6 y T7, figura 25.

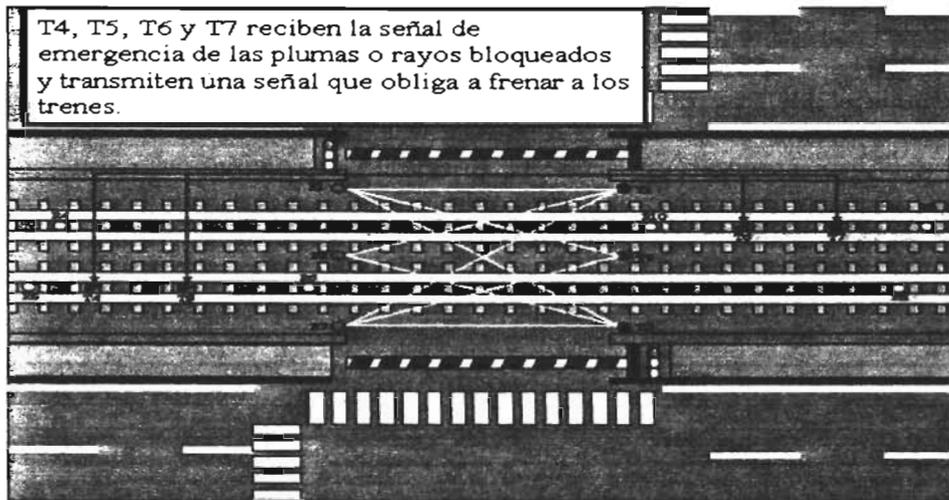


Figura 25. Transmisores de frenado emergente

Debido a a obstrucción de los rayos puede darse por cualquier objeto que se mueva a través de ellos por ejemplo personas, bicicletas y vehículos. La vertical de los rayos estará dada a diferentes alturas del suelo, con esto se garantiza que cualquier objeto de los anteriormente referidos pueda bloquear los rayos por mas rápido que se muevan sobre éstos.

Asimismo los transmisores de infrarrojos de frenado emergente T4, T5, T6 y T7 enviarán una señal codificada hacia el frente del tren, mismo que la recibirá como una señal de emergencia con lo cual se activará el sistema de frenado emergente, obligando a detener al tren mucho antes de llegar al crucero y sin importar la voluntad del operador. La función de los transmisores T5 y T6 es redundante por seguridad.

Cuando una señal de emergencia se presente, el computador de crucero enviará un mensaje de alarma y el tipo de ésta a la cabina del tren y éste a su vez informará al Puesto Central de Control acerca de la falla presentada vía radio.

Los receptores R6 y R7 tendrán la función de desactivar los rayos hasta el último momento del paso del tren sobre el crucero.

Finalmente los receptores R4 y R8 detectarán que el tren ha pasada el crucero con éxito y enviarán una señal al computador de crucero para que éste abra las plumas y cambie la señal de continuidad del semáforo.

Se decidió emplear rayos láser para la detección de objetos y no detectores magnéticos de suelo, debido a que éstos últimos además de ser costosos requieren de la preparación de una infraestructura de funcionamiento, es decir, se instalan estratégicamente antes, dentro o entre las vías lo que representa la perforación del suelo y el paro total del servicio por tiempo prolongado, entendiéndose por tiempo prolongado al menos en la ciudad de México mas de una hora de servicio, además de que no son capaces de detectar a personas y difícilmente a bicicletas y se requieren varios de éstos equipos para cubrir el ancho total de las avenidas en ambos sentidos.

Esta característica es importante ya que en todos los cruces de la ciudad de México existe el paso de todo tipo de transeúntes.

Cuando se active el sistema de frenado emergente, el abanderado a cargo del cruce orientará a los transeúntes que hayan activado el sistema de emergencia liberando el cruce y desactivando el sistema de emergencia a través de una llave para que el tren pueda continuar su trayecto.

Esta situación solo funcionará en la primera fase del proyecto en virtud de que no existe un sistema de comunicación que informe instantáneamente de la situación de emergencia al Puesto Central de Control.

La instalación del medio de comunicación se llevara a cabo en una segunda fase del proyecto.

II.4.1.2. Lógica operativa del sistema.

A continuación se muestra la lógica operativa del sistema de seguridad.

1 Lógica de operación del sistema de seguridad sin emergencia.

- a) Se detecta la aproximación de un tren al cruce.
- b) Se activan señales visuales y audibles al instante, el tren sigue su curso.
- c) Después de 5 segundos de la detección del tren se activa el semáforo maestro.
- d) Al activarse la luz roja del semáforo se activan las plumas.
- e) Si no se presenta bloqueo en las plumas se activan los rayos láser
- f) Si no se presenta bloqueo en el láser el tren podrá continuar su curso.
- g) Al terminar de cruzar se cancelaran las señales visuales y audibles, se cambiará la luz del semáforo a verde y se abrirán las plumas.

2 Lógica de operación del sistema de seguridad con bloqueo de pluma.

- a) Se detecta la aproximación de un tren al cruce.
- b) Se activan señales visuales y audibles al instante, el tren sigue su curso.

- c) Después de 5 segundos de la detección del tren se activa el semáforo maestro.
- d) Al activarse la luz roja del semáforo se activan las plumas.
- e) Si se presenta bloqueo en las plumas se activan instantáneamente los transmisores de frenado emergente, el tren es detenido durante 10 segundos y se activa el semáforo interno de vía del conductor del tren. El conductor deberá informar al PCC de la emergencia. No podrá avanzar hasta observar el cambio de luz a verde y hasta recibir orden de continuidad del PCC. Si lo hace, el transmisor de frenado redundante lo detendrá por un nuevo periodo de 10 segundos ya que el sistema se encuentra en emergencia.
- f) El encargado del crucero desactivará las plumas a través de la llave para liberar a los transeúntes y volverá a cerrarlas. El sistema volverá a examinar la presencia de bloqueo.
- g) Si no existe bloqueo se desactivarán los transmisores de frenado emergente y cambiará la luz del conductor a verde.
- h) El conductor informará vía radio de la continuidad del tren.

3 Lógica de operación del sistema de seguridad con bloqueo de láser.

- a) Se detecta la aproximación de un tren al crucero.
- b) Se activan señales visuales y audibles al instante, el tren sigue su curso.
- c) Después de 5 segundos de la detección del tren se activa el semáforo maestro.
- d) Al activarse la luz roja del semáforo se activan las plumas.
- e) Si no se presenta bloqueo en las plumas se activan los rayos láser.
- f) Si se presenta bloque en los rayos láser se activan instantáneamente los transmisores de frenado emergente, el tren es detenido durante 10 segundos y se activa el semáforo interno de vía del conductor del tren. El conductor deberá informar al PCC de la emergencia. No podrá avanzar hasta observar el cambio de luz a verde y hasta recibir orden de continuidad del PCC. Si lo hace, el transmisor de frenado redundante lo detendrá por un nuevo periodo de 10 segundos ya que el sistema se encuentra en emergencia.
- g) El encargado del crucero desactivará las plumas a través de la llave para liberar a los transeúntes y volverá a cerrarlas. El sistema volverá a examinar la presencia de bloqueo.
- h) Si no existe bloqueo se desactivarán los transmisores de frenado emergente y cambiará la luz del conductor a verde.
- i) El conductor informará vía radio de la continuidad del tren.

4 Sistema electrónico de control de Semáforos

- a) Se deberá desarrollar la circuitería electrónica del semáforo maestro que permita el control de al menos 8 semáforos esclavos. Lo anterior con el objeto de poder cubrir con totalidad los semáforos en un crucero, ya que por la geometría de éstos se requerirá de un número variable.
- b) La instalación de los semáforos, ductos y cableado será llevado a cabo por personal de mantenimiento del STE bajo la coordinación de la UNAM.

- c) Se deberá incorporar un módulo de software en el microprocesador que permita modificar a través de un periférico los tiempos de operación de los semáforos.
- d) El voltaje de operación será tomado de la catenaria del tren ligero mismo que es de 750 vCC, por lo que, los semáforos deberán incorporar un convertidor de voltaje.

5 Pluma o Barra de contención.

Se deberá diseñar cuatro plumas o barras de contención con las siguientes características:

- a) Sistema mecánico de engranaje de metal diseñado para trabajo pesado.
- b) Inmune a los cambios de temperatura y a las condiciones climatológicas de la ciudad de México.
- c) Albergado en recipiente metálico para soportar ataques vandálicos.
- d) Longitud de brazo de 8 metros de fibra de vidrio rectangular de 10 x 10 pulgadas de 3 cm. de grosor.
- e) Brazo con capacidad de intercambio fácil en caso de siniestros.
- f) Brazo de desplazamiento vertical a horizontal y viceversa.
- g) Cada brazo deberá incorporar 2 luces estroboscópicas blancas en sus extremos, trabajando a una frecuencia de dos destellos por segundo. Deberán activarse cuando la pluma inicie el viaje hacia la horizontal y apagarse cuando la pluma se encuentre en la posición vertical.
- h) El brazo de la pluma deberá incluir una cruz al centro del mismo material y grosor que éste con una longitud de ejes de 1 metro del centro de la cruz.
- i) Al centro de la cruz se deberá incorporar una lámpara de alta intensidad de color rojo con diámetro de 6 pulgadas máximo, trabajando a una frecuencia de 1 ciclo.
- j) Los estrobos y la lámpara roja de alta intensidad deberán incrustarse dentro del brazo de la pluma.
- k) Los estrobos y la lámpara de alta intensidad solo se apagarán cuando el brazo de la pluma se encuentren en la posición vertical.

6 Sistema electrónico de control de Plumas

Se deberá desarrollar la circuitería de control de pluma con las siguientes características.

- a) Interfase de control con el microprocesador.
- b) Detección de posición de brazo.
- c) Detección de bloqueo.
- d) Tiempo de desplazamiento de apertura y cierre de 5 segundos cada uno.

- e) La circuitería deberá desarrollarse de forma modular, de manera que se puedan incorporar módulos para incrementar el control de más dispositivos cuando el crucero lo requiera
- f) Control manual por llave, retomando la secuencia de evaluación de bloqueo al cierre.
- g) El voltaje de operación será tomada de la catenaria del tren ligero mismo que es de 750 vCC, por lo que los semáforos deberán incorporar un convertidor de voltaje.
- h) Se deberá desarrollar un módulo de programa que permita verificar el buen funcionamiento de las plumas, es decir, momentos antes al inicio de las operaciones del servicio de transporte y justo en el momento de encendido del sistema de seguridad, se deberá ejecutar automáticamente una prueba que permita determinar si las plumas se encuentran en condiciones óptimas de operación debido a posibles daños durante la noche.

7 Interfase para el control de señalizaciones visuales y audibles.

- a) Como dispositivo de advertencia sonora deberá de instalarse una campana tipo ferroviario de 120 dB (desibeles) o mayor.
- b) Como dispositivo de advertencia visual se deberá contemplar un juego de 4 lámparas rojas de alta intensidad del tipo ferroviarias y 8 estroboscópicas en cintilarte.
- c) Se deberá desarrollar la circuitería de control e interfase con el microprocesador para ambos tipos de señalizaciones.
- d) La circuitería deberá desarrollarse de forma modular, de manera que se puedan incorporar módulos para incrementar el control de mas dispositivos cuando el crucero lo requiera.
- e) El voltaje de operación será tomado de la catenaria del tren ligero mismo que es de 750 vCC, por lo que los semáforos deberán incorporar un convertidor de voltaje.

8 Juego de transmisor de rayos láser para la detección de transeúntes atorados o en transcurso de cruce. (Puntos Ti, T2 y T3 de la figura 20).

Se emplearán rayos láser para la detección de objetos atorados con las siguientes características:

- a) Un juego de al menos 8 rayos láser por crucero.
- b) Se deben emplear rayos láser cercano al espectro infrarrojo.
- c) Los transmisores láser deben enviar un haz de luz láser intermitente que permita la detección de pulso perdido en el receptor, para objetos que obstruyan el haz cuando se desplacen a velocidades inferiores a los 50 Km./hr.
- d) La circuitería deberá desarrollarse de forma modular, de manera que se puedan incorporar módulos para incrementar el control de más dispositivos cuando el crucero lo requiera.

- e) Se deberá desarrollar la circuitería de control con el microprocesador.
- f) Los dispositivos deberán de albergarse en gabinetes protectores que impidan las vibraciones, ataques vandálicos, cambio en las condiciones climatológicas de la ciudad de México y variaciones a la temperatura y humedad relativa.
- g) Se deberá garantizar una longitud mínima de alcance de 80 metros para los rayos láser.
- h) Se deberá emplear cable blindado que impida la radiación o inducción de señales externas.
- i) Se deberá desarrollar un módulo de programa que permita verificar el buen funcionamiento de los transmisores, es decir, momentos antes al inicio de las operaciones del servicio de transporte y justo en el momento de encendido del sistema de seguridad, se deberá ejecutar automáticamente una prueba que permita determinar si los transmisores se encuentran en condiciones óptimas de operación debido a posibles daños durante la noche.

9 Juego de Receptores láser (puntos R1, R2 y 143 de la figura 20).

- j) Se deberá incorporar un receptor por cada rayo láser tomando como base al menos 8.
- k) Se deberá desarrollar la interfase con el microprocesador.
- l) El programa en memoria del microprocesador, deberá incorporar un algoritmo que permita la detección del pulso perdido en uno o mas receptores y la cuenta de los pulsos perdidos para la determinación de la situación de emergencia.
- m) Se deberán emplear lentes de cristal direccionales y/o colectores en los receptores láser para garantizar la direccionalidad del rayo y prever las vibraciones, así mismo deberán incorporarse filtros de luz si el sistema de recepción lo requiere.
- n) Se deberá desarrollar un módulo de programa que permita verificar el buen funcionamiento de los receptores, es decir, momentos antes al inicio de las operaciones del servicio de transporte y justo en el momento de encendido del sistema de seguridad, se deberá ejecutar automáticamente una prueba que permita determinar si los receptores se encuentran en condiciones óptimas de operación debido a posibles daños durante la noche.
- o) La circuitería deberá desarrollarse de forma modular, de manera que se puedan incorporar módulos para incrementar el control de mas dispositivos cuando el crucero lo requiera;
- p) Inmunes a los cambios de temperatura y a las condiciones climatológicas de la ciudad de México.

10 Transmisores de rayos infrarrojos codificados activadores del Para-tren. (Puntos T4, T5, T6 y T7 de la figura 20)

Se deberá desarrollar la circuitería para la activación de los transmisores de infrarrojos del Para-tren con las siguientes características:

- a) Transmisión de ráfaga no mayor a los 10 microsegundos repetitiva con 5 microsegundos de espacio entre una y otra.
- b) El dato a transmitir deberá definir el tipo de bloqueo (ej. 1 para reportar bloqueo de plumas y 0 para rayos). Se deja abierto el dato.
- c) El alcance máximo del rayo será de 15 metros.
- d) Se deberá emplear una portadora lejana a la empleada en los controles remotos comerciales no programados para evitar la copia del rayo.
- e) La transmisión de los infrarrojos deberá ser permanente mientras el crucero reporte bloqueo.
- f) La transmisión del rayo infrarrojo deberá activar al Para-tren y activarlas señalizaciones abordó de la cabina del tren.

11 Receptores de rayos infrarrojos de aproximación. (Puntos R5 y R9 de la figura 20).

Se deberá desarrollar la circuitería para la recepción de rayos infrarrojos ubicados a lo largo de las vías del tren y próximo a los cruceros, con las siguientes características:

- a) Deberán enviar información al computador de crucero para activar el sistema de seguridad.
- b) Se deberá desarrollar la interfase de control con el microprocesador.
- c) Los receptores solo deberán responder a la frecuencia de la portadora de los transmisores en los extremos del tren.
- d) Deberán incorporar filtros que garanticen la filtración de los infrarrojos.
- e) Deberá diseñarse un gabinete inmune a las variaciones de temperatura y humedad, a los cambios climatológicos y a los ataques vandálicos, así mismo el gabinete deberá de tener una altura que pueda evitar los encharcamientos con una pendiente de 45 grados para evitar la acumulación de sustancias que puedan bloquear el paso del haz infrarrojo.

12 Receptores de rayos infrarrojos de salida. (Puntos R4 y R8 de la figura 20).

Se deberá desarrollar la circuitería para la recepción de rayos infrarrojos ubicados a lo largo de las vías del tren posterior al cruce del tren con las siguientes características:

- a) Deberán enviar información al computador de crucero indicando el término de paso del tren por el crucero.
- b) Deberán tener las mismas características que los transmisores del punto 8.

13 Transmisor de rayos infrarrojos codificados en los extremos del tren.

Se deberá instalar en los extremos de cada tren un transmisor de rayos infrarrojos codificados con las siguientes características:

- a) Transmisión de ráfaga no mayor a los 100 microsegundos repetitivos con 10 microsegundos de espacio entre una y otra.
- b) El dato de transmisión será un número de 5 dígitos decimal que podrá programarse por el usuario a través de la interfase periférica.
- c) El alcance máximo del rayo será de 5 mts.
- d) Se deberá emplear una portadora lejana a la empleada en los controles remotos comerciales no programados para evitar la copia del rayo,
- e) La transmisión deberá ser permanente mientras el tren se encuentre en operación.

14 Receptor de rayos infrarrojos en los extremos del tren.

Se deberá instalar en los extremos de cada tren un receptor de rayos infrarrojos con las siguientes características;

- a) Solo operarán a la frecuencia portadora de los transmisores T4, T5, T6 y T7.
- b) Deberán activar el freno emergente y las señalizaciones en la cabina del tren.
- c) Deberán incorporarse filtros que garanticen la filtración de los infrarrojos.
- d) El receptor deberá operar de forma permanente mientras se encuentre el tren en operación

15 Modificación al dispositivo Para-tren de control magnético a infrarrojo.

- a) Se deberá analizar el funcionamiento del dispositivo Para-tren con el objeto de ser convertido de activación magnética a infrarroja.
- b) Se deberán emplear las especificaciones técnicas de los transmisores de infrarrojos T4, T5, T6 y T7 para el diseño del receptor que sustituirá al mecanismo magnético.
- c) Se deberán emplear las especificaciones técnicas de los receptores de infrarrojos en los extremos del tren para receptor sustituto.
- d) El STE aportará a la UNAM un sistema de frenado emergente para su análisis durante la etapa de desarrollo del prototipo.

16 Computador de crucero.

- a) El computador deberá tener la capacidad de controlar cada uno de los dispositivos instalados en el crucero, (semáforo maestro, control de plumas, señalizaciones visuales y audibles, transmisores de frenado emergente, transmisores y receptores de rayos láser y receptores de infrarrojos).

- b) El computador deberá incluir un sistema operativo diseñado para operar de acuerdo a lo indicado al principio de este anexo.
- c) Memoria EEPROM para el albergue de parámetros de operación que puedan cambiar de acuerdo a las necesidades.
- d) El diseño deberá prever 8 puertos de entrada y salida libres, para uso posterior en la segunda fase del proyecto.
- e) El diseño deberá prever un módulo de conversión Analógico a Digital libre para uso posterior en la segunda fase del proyecto.
- f) El diseño deberá prever un módulo de PWM libre para uso posterior en la segunda fase del proyecto.
- g) El diseño deberá prever el mayor espacio libre de memoria de programa sin uso.
- h) El diseño deberá prever un módulo de comunicaciones USART.
- i) El microprocesador deberá contemplar interfase para la conexión de teclado y pantalla de cristal líquido de 4x40 caracteres para la reprogramación de parámetros de operación o a través de la conexión de una computadora personal portátil. Si ésta última fuera el caso, se deberá desarrollar una aplicación gráfica para el manejo.
- j) El sistema de seguridad deberá contemplar una fuente ininterrumpible de energía para una autonomía no menor a 5 horas alimentada de la catenaria del tren ligero a 750 vCC.

16 Señalización en cabina del tren.

Se deberán instalar señales luminosas y audibles dentro de la cabina del tren, con el objeto de informar al conductor del motivo de la detención automática.

- a) La señal audible deberá ser piezoeléctrica de baja intensidad de sonido, fijada al tablero de controles de la cabina del tren.
- b) La señal visual deberá ser una lámpara de color rojo de alta intensidad de una pulgada de diámetro, fijada al tablero de controles de la cabina del tren.
- c) La señal visual deberá diferenciar entre los tipos de bloqueo o en su defecto adicionar una señal para cada tipo..
- d) Las señalizaciones deberán permanecer encendidas por un lapso de 10 segundos.

17 Señalización en vías del tren.

- a) Se deberá instalar una señalización visual próximo al crucero en cada sentido de circulación, formada por dos lámparas de alta intensidad, la superior de color rojo y la inferior de color verde orientadas hacia el frente del tren para ser observadas por el conductor de este.
- b) Las lámparas deberán ser controladas por el microprocesador.

- c) La luz roja encenderá cuando se presente algún tipo de bloqueo y permanecerá en ese estado hasta que los sensores no detecten más el bloqueo.
- d) La luz verde encenderá cuando no se presente ningún tipo de bloqueo.

18 Control manual de armado y desarmado del sistema.

- a) El sistema de seguridad deberá incorporar un acceso para el control manual por llave para el desarmado y armado del sistema.
- b) Cuando el sistema opere en esta modalidad, el armado del sistema deberá evaluar el bloqueo.
- c) En esta misma modalidad, el desarmado del sistema deberá desactivar los láser y abrir las plumas.

19 Protección del Sistema de Seguridad.

- a) Todos los dispositivos deberán de albergarse en gabinetes que permitan la inmunidad a la temperatura y sus cambios, condiciones climáticas características de la ciudad de México, vibraciones y lluvia.
- b) Deberán diseñarse gabinetes que puedan soportar al máximo posible los ataques de vándalos.

20 Transmisor portátil de frenado emergente.

- a) Se deberán diseñar dos transmisores de infrarrojos portátiles empleando las mismas especificaciones técnicas que los transmisores de frenado emergente (T4, T5, T6 y 17), sin conexión al computador de crucero. El dispositivo solo podrá activarse y desactivarse a través de un simple switch.
- b) El transmisor portátil deberá operar con batería recargable e indicador de carga útil.

21 Lógica de operación del sistema de seguridad con bloqueo de plumas.

- a) Se detecta la aproximación de un tren al crucero.
- b) Se activan señales visuales y audibles al instante, el tren sigue su curso.
- c) Después de 5 segundos de la detección del tren se activa el semáforo maestro.
- d) Al activarse la luz roja del semáforo se activan las plumas.
- e) Si se presenta bloqueo en las plumas se activa instantáneamente los transmisores de frenado emergente, el tren es detenido durante 10 segundos y se activa el semáforo interno de vía para el conductor del tren.
- f) El conductor deberá informar al PCC de la emergencia. No podrá avanzar hasta observar el cambio de luz a verde y hasta recibir orden de continuidad

del PCC. Si lo hace, el transmisor de frenado redundante lo detendrá por un nuevo periodo de 10 segundos ya que el sistema se encuentra en emergencia.

- g) El encargado del cruceo desactivará las plumas a través de la llave para liberar a los transeúntes y volverá a cerrarlas. El sistema volverá a examinar la presencia de bloqueo.
- h) Si no existe bloqueo se desactivarán los transmisores de frenado emergente y cambiará la luz del conductor a verde.
- i) El conductor informará vía radio de la continuidad del tren.

22 Lógica de operación del sistema de seguridad con bloqueo de láser.

- a) Se detecta la aproximación de un tren al cruceo.
- b) Se activan señales visuales y audibles al instante, el tren sigue su curso.
- c) Después de 5 segundos de la detección del tren se activa el semáforo maestro.
- d) Al activarse la luz roja del semáforo se activan las plumas.
- e) Si no se presenta bloqueo en las plumas se activa instantáneamente los transmisores de frenado emergente, el tren es detenido durante 10 segundos y se activa el semáforo interno de vía del conductor del tren. El conductor deberá informar al PCC de la emergencia. No podrá avanzar hasta observar el cambio de luz a verde y hasta recibir orden de continuidad del PCC. Si lo hace, el transmisor de frenado redundante lo detendrá por un nuevo periodo de 10 segundos ya que el sistema se encuentra en emergencia.
- g) El encargado del cruceo desactivará las plumas a través de la llave para liberar a los transeúntes y volverá a cerrarlas. El sistema volverá a examinar la presencia de bloqueo.
- f) Si no existe bloqueo se desactivarán los transmisores de frenado emergente y cambiará la luz del conductor a verde.
- g) El conductor informará vía radio de la continuidad del tren.

II.4.2. Subsistemas que componen el Sistema Prototipo.

El diagrama de bloques de la figura 26, muestra la conexión de los diferentes subsistemas con la computadora central del crucero. Cada uno de estos subsistemas cumple con diferentes funciones que permiten el funcionamiento del Sistema Prototipo de acuerdo a las especificaciones dadas por STEDF. La descripción de cada uno de los elementos de este diagrama se da en las siguientes secciones.

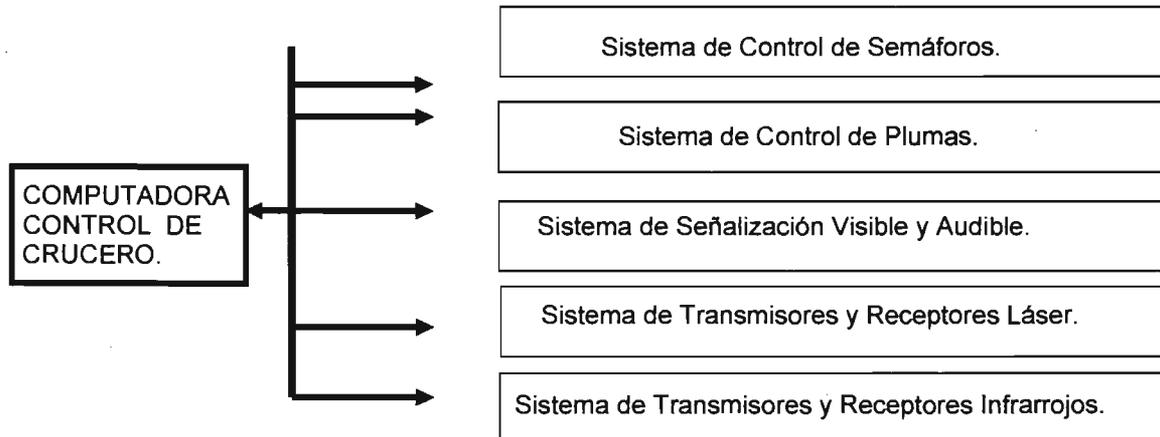


Figura 26. Subsistemas del Prototipo.

II.4.2.1. Computadora central del crucero (PC-104).

La computadora central del crucero se encargará de llevar a cabo la lógica de operación del Sistema Prototipo en todas las modalidades mencionadas anteriormente. Se eligió utilizar una computadora personal con bus PC-104. Básicamente, esta tarjeta cuenta con los mismos elementos y periféricos de una PC convencional, y se han desarrollado específicamente para aplicaciones en las que se requieren controladores embebidos.

La comunicación entre la PC-104 y los diferentes subsistemas puede llevarse a cabo a través de las distintas interfaces de esta tarjeta (puertos seriales, USB, infrarrojos, etc), o bien, por medio de una tarjeta de adquisición de datos o una interfaz GPIB. La computadora central también enviará las señales de activación para el semáforo maestro, el control de plumas, las señalizaciones visuales y audibles, y en su caso, a los transmisores de frenado emergente.

II.4.2.2. Sistema electrónico de control de semáforos.

La comunicación entre la PC-104 y los semáforos del cruce se lleva a cabo a través de una interfaz electrónica. Esta activa una secuencia de control del semáforo maestro, que a su vez controla los semáforos esclavos ubicados en el cruce. La elección de los sistemas electrónicos utilizados para esta parte del prototipo se hizo de acuerdo a las especificaciones del control utilizado por el semáforo maestro del cruce.

II.4.2.3. Sistema electrónico de control de plumas.

El sistema electrónico de control de plumas se desarrollará basándose en sensores de posición del brazo de la pluma. La comunicación entre este sistema y la computadora central del cruce se lleva a cabo a través de una interfase electrónica basada en un microcontrolador con comunicación serial que permita enlazar ambos componentes.

El sistema automático tipo pluma tiene como base fundamental un brazo de desplazamiento vertical a horizontal y viceversa de intercambio fácil en caso de siniestros. Asimismo, se incluye un sistema mecánico de engranaje de metal diseñado para trabajo pesado inmune a las condiciones climatológicas de la ciudad de México.

II.4.2.4. Sistema de señalización visual y audible.

Como dispositivo de advertencia sonora sobre paso del Tren Ligero se utiliza una campana tipo ferroviario de 120 dB. En los brazos de la pluma se incorpora además, luces estroboscópicas blancas en sus extremos incluyendo una cruz al centro. El control para señalización de señales visuales y audibles se llevará a cabo por medio del computador central del cruce. Para esto, se utiliza una interfaz electrónica de acondicionamiento basado en un microcontrolador y basándose en las especificaciones dadas para cada una de las alarmas utilizadas en el cruce.

II.4.2.5. Sistema de transmisores y receptores láser.

Se utilizan sistemas comerciales de detección de movimiento diseñados para funcionamiento en la intemperie. Este tipo de sistemas son el equivalente a las "cortinas de luz" utilizadas en ambientes industriales, que se encargan de detectar la invasión del cruce. La comunicación entre la computadora central y el sistema de detección de movimiento se lleva a cabo por medio de una etapa electrónica de acondicionamiento de señal basado en un microcontrolador.

II.4.2.6. Sistema infrarrojo transmisor y receptor en los extremos del tren, detector de aproximación y salida del tren, sistema activador de Para-Tren.

Todos los sistemas infrarrojos requeridos para el Sistema Prototipo, tanto transmisores como receptores, se desarrollan utilizando un microprocesador que permita ajustar las frecuencias de los pulsos de la señal. Se ha elegido como plataforma de desarrollo los microprocesadores PIC (Programable Integrated Circuit), que puede programarse de manera sencilla. La distribución de este microprocesador en el país es adecuada, y pueden adquirirse paquetes para desarrollo de sistemas que incluyen todo el hardware necesario para programar el sistema a través de una computadora personal, además del software de programación, simulador y los manuales necesarios.

Se utilizará también una interfaz entre receptor de infrarrojos y la computadora central, que sirve para introducir señales provenientes del Tren Ligerero a la computadora central. Esta interfaz está basada en un microcontrolador con comunicación serial. El protocolo de comunicación serial del microcontrolador es acondicionado para ser compatible con puerto serial de la computadora central.

II.5. Diseño del Sistema de Seguridad.

Para el diseño del sistema prototipo, se contempló como parte medular, la detección de posibles eventos con peligro potencial dentro de la intersección de las vías del tren ligero con el tráfico vehicular, para salvaguardar en estos casos, mediante el envío de señales, el frenado de emergencia de los trenes que se aproximen al crucero.

Para lograr dicho objetivo, se planeó tener el control de los semáforos del mismo, tanto en situaciones de emergencia como en funcionamiento normal.

Asimismo se considero que cada sistema interactuase, para que su funcionamiento fuera redundante y con esto evitar que factores humanos intervinieran y afectaran el procedimiento establecido en la lógica operativa del sistema.

Para ello se estableció que la programación tuviera el control de todos los sistemas implementados en el crucero.

Con base en la geometría y condiciones de los cruceros, se consideraron como requerimientos mínimos los siguientes elementos:

- ◆ Sistema de detección de obstrucción en crucero, utilizando emisores y receptores de rayo láser [4].
- ◆ Semáforos y alarmas ferroviarias.
- ◆ Instalación y acoplamiento del sistema de paratrén magnético.
- ◆ Sensores de entrada y salida de trenes.
- ◆ Interfase con el sistema de control de los semáforos viales.
- ◆ Control electrónico computarizado programable y con posibilidades de expansión, el cual gestionará la operación de todos los dispositivos del crucero [2].
- ◆ Mecanismos de barreras automáticas de tipo ferroviario [5]

II.5.1. Barreras de Contención.

En cuanto a las barreras de contención, el diseño de todo el sistema mecánico de engranaje de metal, las plumas y el recipiente metálico, en donde se albergaría el motor y los elementos de transmisión, se analizó con base en los requerimientos propios del crucero prototipo elegido "Xomali" figura 27, teniendo la peculiaridad en su concepto de que el sistema tendría que ser inmune a las condiciones climatológicas y a los actos vandálicos imprevistos que pueden ocurrir en la ciudad de México.

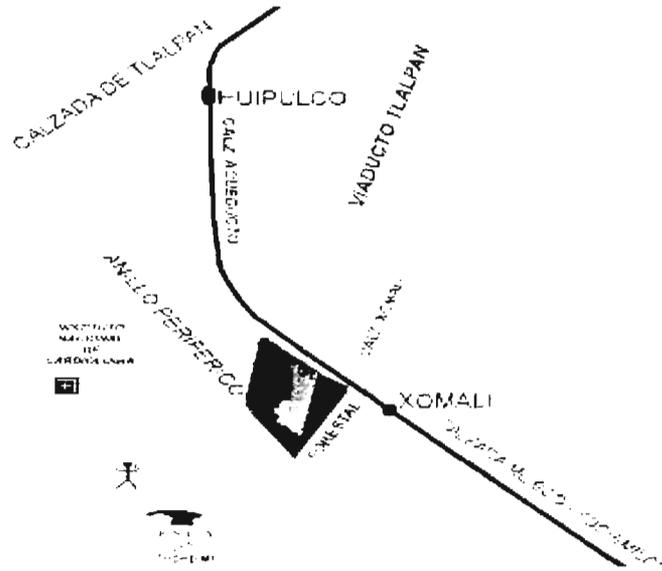


Figura 27. Estación Xomali.

Debido a las características del crucero, cada pluma tiene que cubrir una longitud de brazo de 8 m, con movimientos angulares de 90° a 0° y viceversa, en un tiempo determinado.

Para cumplir las especificaciones anteriores se tuvieron que evaluar distintas alternativas para su fabricación, ya que la flexión era un factor crítico, que restringía alarmantemente, la selección de materiales, por la resistencia mecánica requerida, rigidez estructural, peso y economía.

Cabe mencionar que el STEDF utiliza un sistema similar, cuyos elementos en su totalidad son de importación, lo que encarece su mantenimiento y adquisición, limitando con ello su funcionalidad, figura 28.

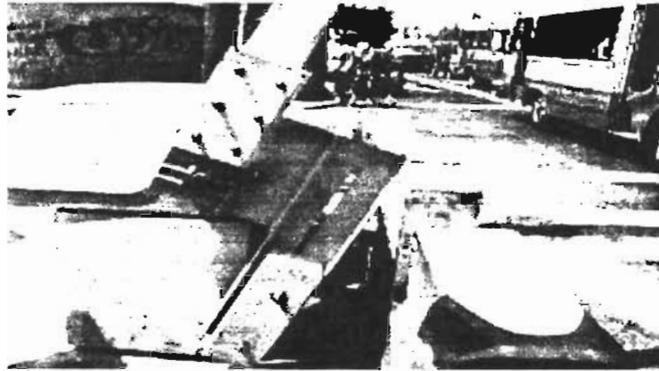


Figura 28. Sistema de barrera convencional.

Con base en las características mencionadas y con la imperiosa necesidad de que el material elegido se fabricara en el país, para evitar los costos de importación, se efectuaron pruebas en diferentes materiales, como la fibra de vidrio, espumas poliméricas, plásticos reforzados y aluminio.

Después de haber caracterizado los distintos materiales se eligió que la aleación de aluminio extruido 6061-T6, figura 29 [6], cumplía con las características requeridas, resistencia mecánica a la flexión, y todo ello dentro de las dimensiones establecidas.

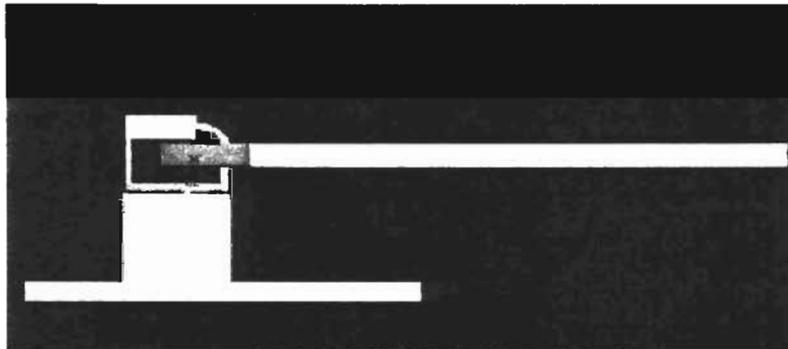


Figura 29. Barrera de aluminio extruido.

II.5.2. Sistema mecánico.

Por otro lado el sistema mecánico fue desarrollado para que cada uno de los elementos constitutivos, tuvieran la durabilidad, funcionalidad y rendimiento óptimo en el desempeño requerido por las normas especificadas, con la gran ventaja de que estos componentes pudieran ser fácilmente intercambiables, y los daños o averías no afectarían al conjunto, y su reemplazo se pudiera efectuar lo más rápido posible en la parte operativa del mantenimiento preventivo y correctivo.

Cabe mencionar que el STEDF cuenta con un sistema mecánico Francés muy complejo por el uso múltiple de engranes y relevadores, figura 30, que requiere un mantenimiento muy riguroso porque no existen comercialmente las refacciones necesarias.

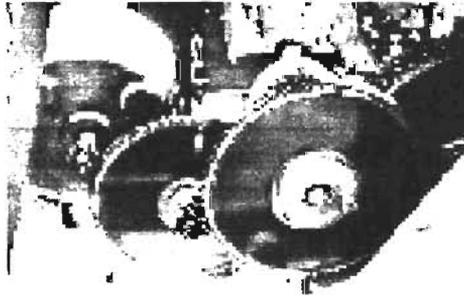


Figura 30. Sistema mecánico de engranaje.

Por ello se planeó que el diseño del prototipo mecánico fuera lo más simple posible pero con la calidad plasmada en las especificaciones técnicas; para realizarlo se utilizaron programas de diseño asistido por computadora como AutoCad y Mechanical Desktop, ya que su manejo nos proporcionaría diversas ventajas que apoyan y hacen más eficiente el proceso del diseño de las piezas.

Las ventajas previstas del diseño por computadora son las siguientes:

- ◆ Previsualización del sistema mecánico.
- ◆ Representar y observar mediante una simulación aspectos importantes dentro del proceso de manufactura, como son: ensambles, cortes y dimensionamiento.
- ◆ Observar y detectar detalles o posibles zonas de dificultad para realizar operaciones posteriores.
- ◆ Generación de planos de fabricación.

II.5.2.1. Memoria de Cálculo.

En función de la aplicación en cada tipo de crucero la barrera abarca la mitad de la vialidad. En el caso del crucero de Xomali, donde se tiene tres carriles de circulación, se deben instalar barreras tipo A y tipo B.

Cada mecanismo de barrera automática está constituida, figura 31 por:

- ◆ 1 Mecanismo
- ◆ 1 Soclo
- ◆ 1 Soporte de contrapeso
- ◆ 1 Contrapeso
- ◆ 1 Soporte de pluma
- ◆ 1 Pluma o barrera de contención

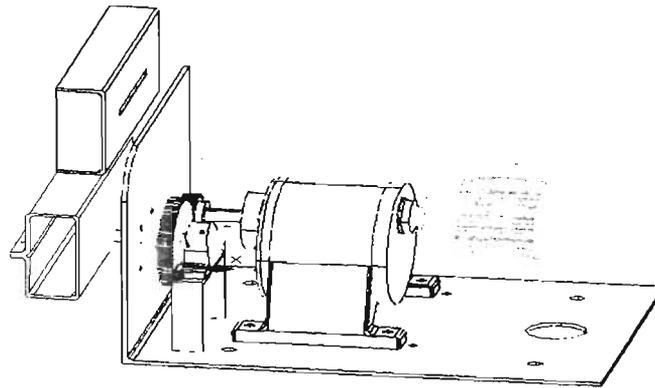


Figura 31. Mecanismo de barrera.

II.5.2.2. Motorreductor.

Debido a que en las especificaciones técnicas se estipuló que el tiempo requerido para que la pluma se desplace de 0 a 90° y viceversa, se eligió un motorreductor comercial, lo que implica existencia y facilidad de adquisición en el mercado nacional, que tiene una velocidad de salida de 3.6 rpm, figura 32.

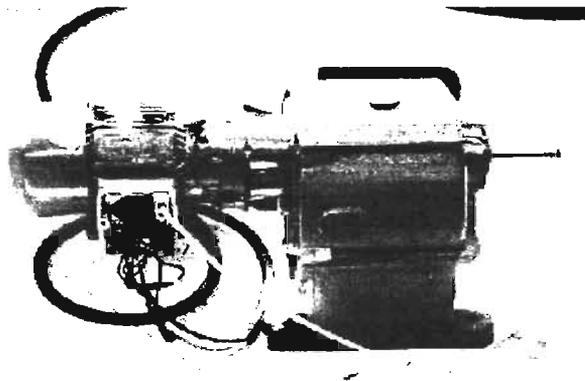


Figura 32. Motorreductor comercial.

II.5.2.3. Engranos.

Como la velocidad de salida del motorreductor es de 3.6 RPM, esta velocidad es en cierta medida excesiva para el movimiento de ascenso y descenso de la barrera, por ello se diseñó un sistema de engranes para poder obtener la velocidad óptima de 8.0 segundos aproximadamente.

Este sistema consta de un piñón motriz de 4 pulgadas de diámetro que se acopla directamente a la flecha de salida del motorreductor y de un engrane de 8 pulgadas de diámetro que se ensambla con la flecha principal que soporta a la barrera figura 33.

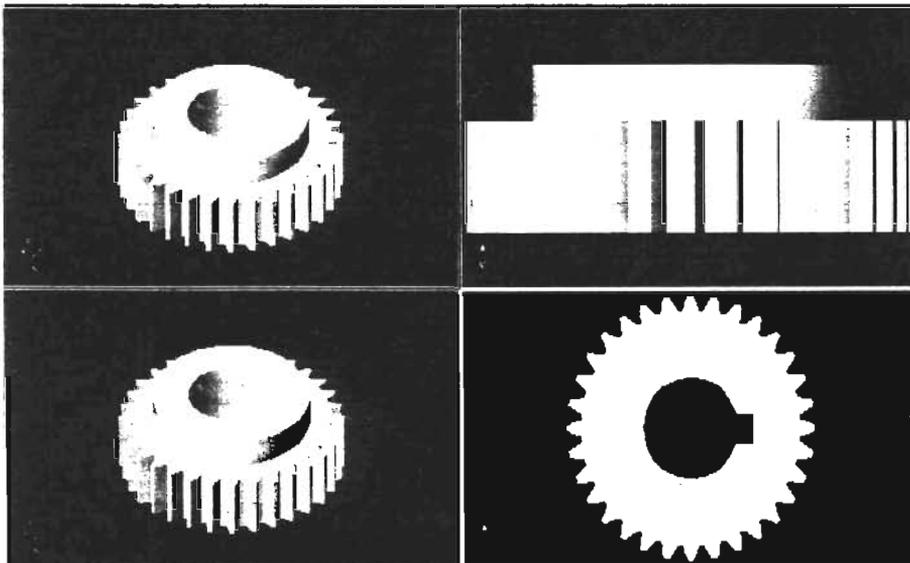


Figura 33. Engrane motriz o piñón.

Estos engranes están fabricados en acero AISI 4140, con un paso diametral de 8 dientes por pulgada y un tratamiento térmico de nitrurado.

Para el diseño de los engranes, cuya función es la de reducir la velocidad del motorreductor y la de transmitir el movimiento a la pluma, nos basamos en las normas de AGMA, American Gear Manufacturing Association.

De tal manera propusimos un paso diametral de 8 pulg⁻¹, con lo que se obtienen los siguientes datos para la fabricación del engrane motriz o piñón.

Número de dientes.

$$N = P * d = 64 \quad \dots(1)$$

Donde:

P es el Paso diametral: $P = 8 \text{ pulg}^{-1}$
d es el diámetro de paso: $d = 8 \text{ pulg}$

Adendum:

$$a = \frac{1}{P} = 0.125 \text{ pulg} \quad \dots(2)$$

Donde:

α es el ángulo de presión gr. $= 20^\circ = 0.3491 \text{ rad.}$
P es el paso diametral.

Dedendum:

$$b = \frac{1.25}{P} = 0.1563 \text{ pulg} \quad \dots (3)$$

Donde:

b es el dedendum
P es el paso diametral

Diámetro exterior:

$$Do = \frac{N + 2}{P} = \frac{66}{8} = 8.25 \text{ pulg} \quad \dots (4)$$

Donde:

Do es el diámetro exterior
N es el numero de dientes
P es el paso diametral

Esesor del diente en el circulo de paso:

$$t = \frac{1.5708}{P} = \frac{1.5708}{8} = 0.1964 \text{ pulg} \quad \dots (5)$$

Donde:

t es el esesor del diente en el circulo de paso
P es el paso diametral

Profundidad total:

$$ht = \frac{2.25}{P} = \frac{2.25}{8} = 0.2813 \text{ pu lg} \quad \dots (6)$$

Donde:

ht es la profundidad total
P es el paso diametral

Holgura:

$$ho = \frac{0.25}{P} = \frac{0.25}{8} = 0.0313 \text{ pu lg} \quad \dots (7)$$

Donde:

ho es la holgura
P es el paso diametral

Profundidad de trabajo:

$$hk = \frac{2}{P} = \frac{2}{8} = 0.25 \text{ pu lg} \quad \dots (8)$$

Donde:

hk es la profundidad de trabajo
P es el paso diametral

Espesor cordal:

$$tc = d * \text{Sen}\left(\frac{90}{N}\right) = 8 * \text{Sen}\left(\frac{90}{72}\right) = 0.174 \text{ pu lg} \quad \dots (9)$$

Donde:

tc es el espesor cordal
d es la base

Adendum cordal:

$$ac = a + \frac{t^2}{4 * d} = 0.125 + \frac{(0.1964)^2}{4 * 8} = 0.1262 \text{ pu lg} \quad \dots (10)$$

Donde:

ac es el adendum cordal.
d es el diámetro de paso.
 α es el ángulo de presión.

Diámetro de adendum:

$$da = d + (2 * a) = 8 + (2 * 0.125) = 8.25 \text{ pu lg} \quad \dots (11)$$

Donde:

da es el diámetro del adendum

d es el diámetro de paso

a es el ángulo de presión

Diámetro de base:

$$db = d * \text{Cos}(gr) = 8 * \text{Cos}(0.3491) = 7.5175 \text{ pu lg} \quad \dots (12)$$

Donde:

Db es el diámetro de la base

d es el diámetro de paso

Cos es el coseno en grados

Paso circular:

$$p = \frac{\pi}{P} = \frac{\pi}{8} = 0.3927 \text{ pu lg} \quad \dots (13)$$

Donde:

p es el paso circular

μ es 3.1416

P es el paso diametral

Involuta de ϕ :

$$in\phi = \text{Tan}(gr) - gr = \text{Tan}(0.3491) - 0.3491 = 0.0149 \quad \dots (14)$$

Donde:

ϕ es la involuta

Tan es el ángulo de la tangente

Espesor en el círculo de base:

$$tb = db * \left(\frac{t}{d} + in\phi \right) = 7.5175 * \left(\frac{0.1964}{8} + 0.0149 \right) = 0.2966 \text{ pu lg} \quad \dots (15)$$

$$\phi a: \phi a = \text{Cos}^{-1} \left(\frac{db}{Do} \right) = \text{Cos}^{-1} \left(\frac{7.5175}{8.25} \right) = 0.4246^\circ \quad \dots (16)$$

Donde:

t_b es el espesor en el círculo de la base
 d_b es el diámetro de la base
 t es el espesor del diente en el círculo de paso
 d es el diámetro de paso
 $in \phi$ es la involuta
 d_b es el diámetro de la base
 D_o es el diámetro exterior
 \cos es el coseno en grados
 ϕ_a es la involuta del ángulo de presión

Involuta de ϕ_a :

$$in \phi_a = \tan(\phi_a) - \phi_a = \tan(0.4246) - 0.4246 = 0.0275 \quad \dots (17)$$

Donde:

$in \phi_a$ es la involuta
 \tan es la tangente
 ϕ_a

Espesor en el círculo de adendum:

$$t_a = D_o * \left(\frac{t}{d} + in \phi_a - in \phi_a \right) = 0.0986 \text{ pu lg} \quad \dots (18)$$

Donde:

t_a es el espesor en el círculo del adendum
 D_o es el diámetro exterior
 $in \phi_a$ es la involuta mayor

Radio de chaflán:

$$y = \frac{0.35}{P} = 0.0438 \text{ pu lg} \quad \dots (19)$$

Donde:

y es el radio del chaflán
 P es el paso circular

Para la transmisión de potencia y de movimiento de los engranes, la flecha se calculó por su in volumetría como se muestra en la figura 34.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	INVOLUMETRÍA								
2									
3		ángulo de presión	Fi	25		0,43633231			
4		peso diametral	p ^a	8					
5		diametro	d	8					
6		No de dientes	N	64					
7		addendum	a	0,1250					
8		dedendum	b	0,1963					
9		diam ext	Do	8,2500					
10		espesor de d	t	0,1964					
11		profundidad tot	ht	0,2813					
12		holgura	c	0,0313					
13		prof. D trabajo	hk	0,2500					
14		diametro de adden	da	8,2500					

Figura 34. Cálculo de Engranés.

II.5.2.4. Caja.

Debido a que se plasmó que el sistema mecánico de engranaje de metal tendría que estar diseñado para trabajo pesado, siendo inmune a los cambios de temperatura y a las condiciones climatológicas de la ciudad de México, y albergado en un recipiente metálico para soportar los ataques vandálicos.

Se propuso para lograr dicho objetivo diseñar una caja con tapa que alojara todo el conjunto del mecanismo y de la barrera con su respectivo soporte y contrapeso.

Dicha caja sería fabricada en placa de acero y se deberá fijar sobre un dado de concreto, figura 35, con la tapa



Figura 35. Caja metálica y tapa.

Debido a que los fabricantes finales (taller externo) de las cuatro cajas propuestas, no están involucrados directamente con el proyecto y no saben interpretar los planos de fabricación, se fabricó el prototipo funcional en el laboratorio de comportamiento de materiales, para poder observar que todos los componentes tuvieran el espacio definido que se estaba planteando y no existiera alguna falla en el proceso de colocación final.

A continuación se muestra una secuencia del proceso de fabricación de la caja, en la figura 36.

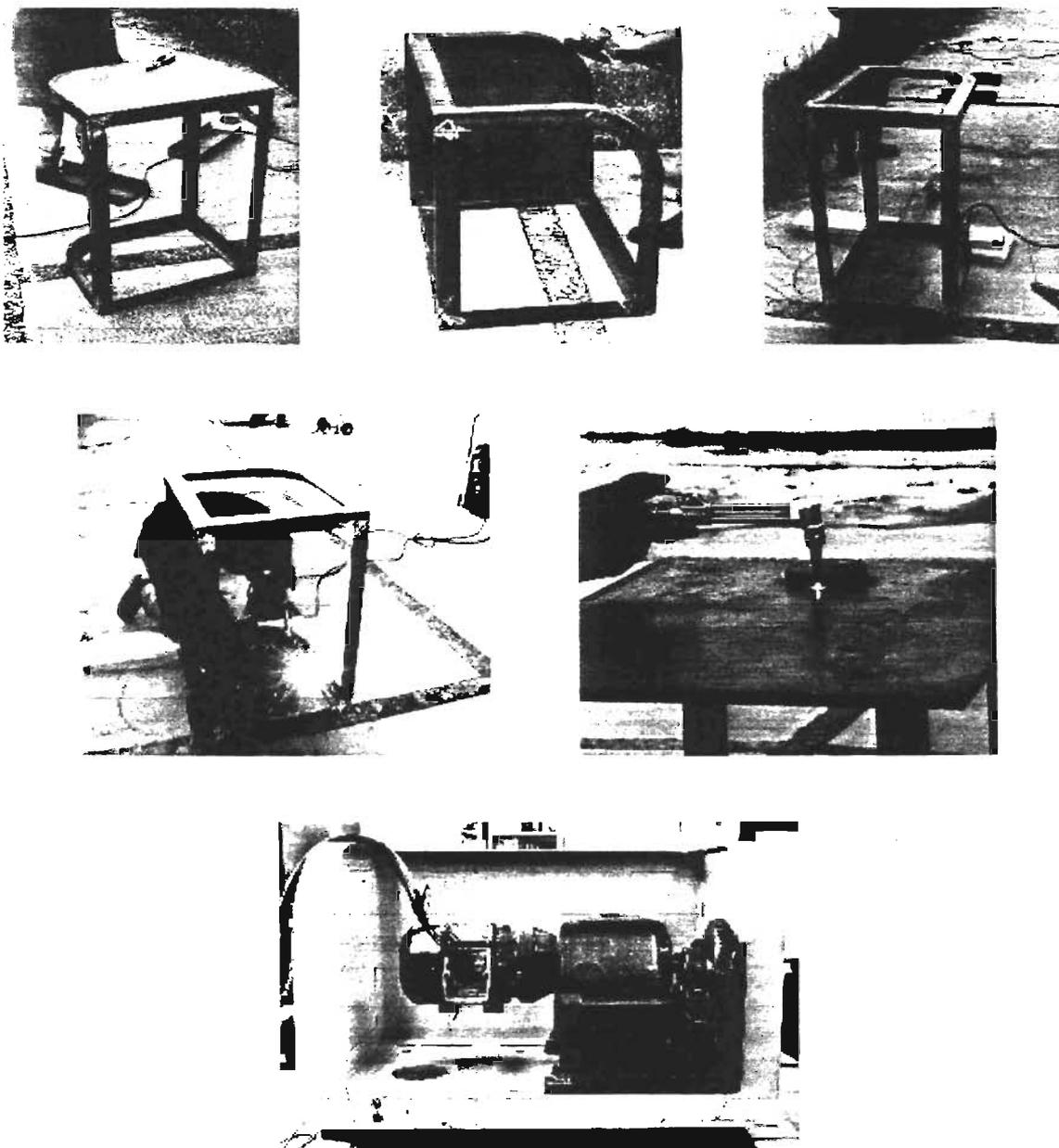


Figura 36. Secuencia de la fabricación de la caja.

II.5.2.5. Arrancador.

Como sistema de control se eligió un arrancador comercial que recibe y transmite al motor las ordenes del PLC. Este arrancador está constituido por un relevador de carga y dos contactores que se activan alternativamente para generar el movimiento en la dirección correspondiente, mediante un manejo simple, que consiste únicamente en adelantar, poner reversa, activar el paro total, que además incluye un aviso de sobrecarga, figura 37 y 38.

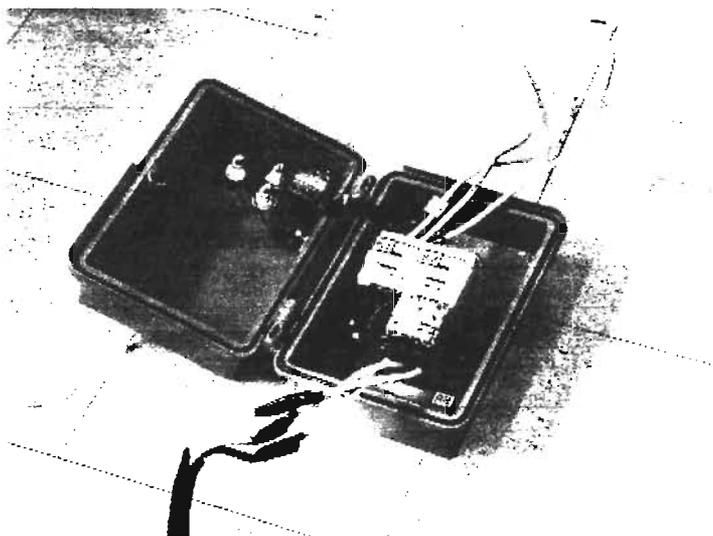


Figura 37. Arrancador de tipo comercial.

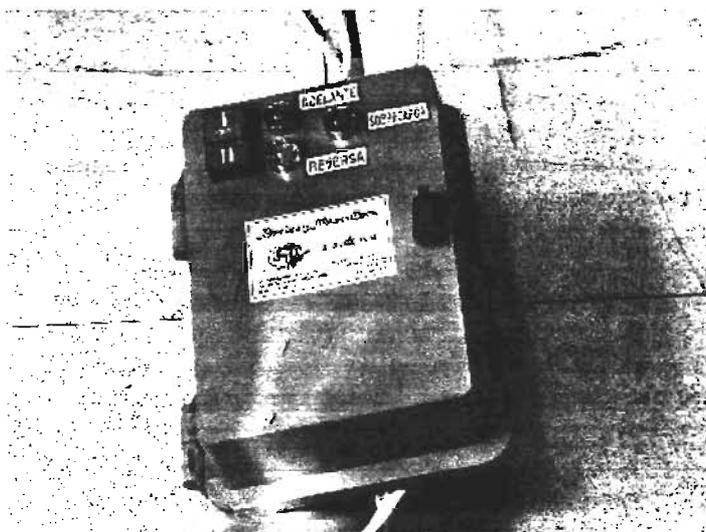


Figura 38. Indicadores del arrancador.

II.5.2.6. Chumacera.

Para poder ensamblar el engrane de 8" con la flecha de salida y conectarlo con la flecha principal se construyó un sistema de chumaceras de pared y de piso, que nos permitieron ajustar las variaciones de alturas y desplazamientos de los ejes de movimiento, figura 39.

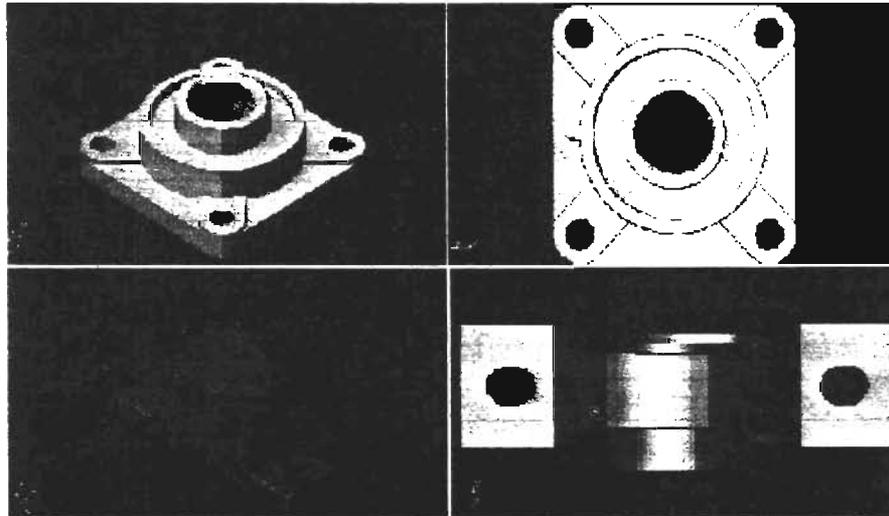


Figura 39. Chumacera de pared y de piso.

Para poder instalar la chumacera de piso se adaptó una portería metálica como soporte y posicionamiento de la misma para que coincidiera con la salida de la flecha, figura 40.

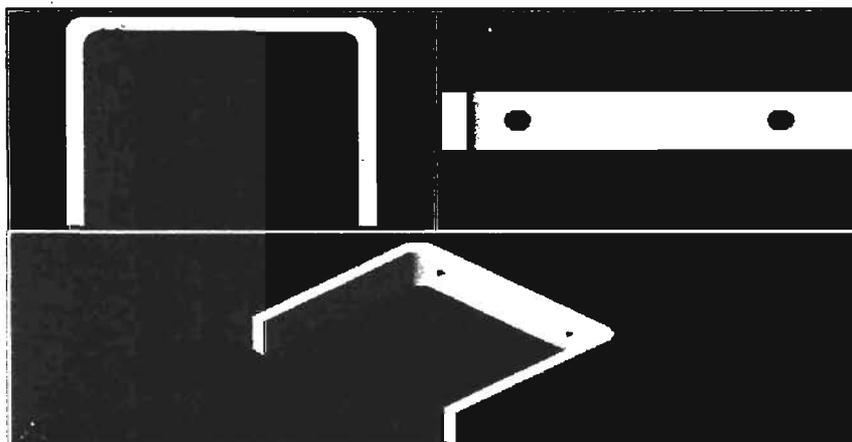


Figura 40. Portería de chumacera de pared.

II.5.2.7. Contrapeso.

Este sistema mecánico se fabricó de diversas soleras soldadas para equilibrar todo el peso de la pluma con su soporte de sujeción, logrando con esto una reducción en el esfuerzo del mecanismo de elevación, figura 41. Para ello se calculó que el peso tendría que ser de 80 kilogramos, lo cual se validó al efectuar las pruebas preliminares.

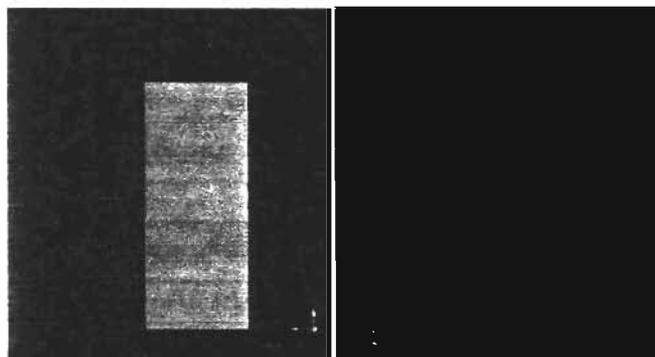


Figura 41. Contrapeso.

La ventaja principal de este tipo de contrapesos es que la fuerza para operarlas es pequeña y facilita su operación ya sea manual o automática; lo que las hace muy versátiles.

II.5.2.8. Brida de flecha de salida.

Para poder acoplar el dispositivo de sujeción de la pluma con la flecha, se diseñó y fabricó una brida para flecha cuadrada, para lograr un adecuado ajuste de los dos componentes, evitando con ello los desplazamientos internos y desajustes de tolerancias por el par tan alto que se lleva a cabo en el sistema, figura 42.

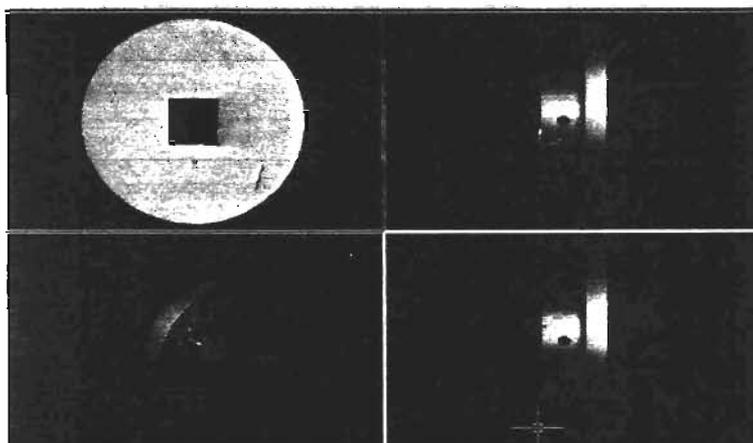


Figura 42. Brida para flecha cuadrada.

II.5.2.9. Flecha cuadrada.

La flecha cuadrada esta fabricada en acero AISI 8620, el cual posee características de alta resistencia mecánica ideal para el trabajo general del sistema, figura 43.

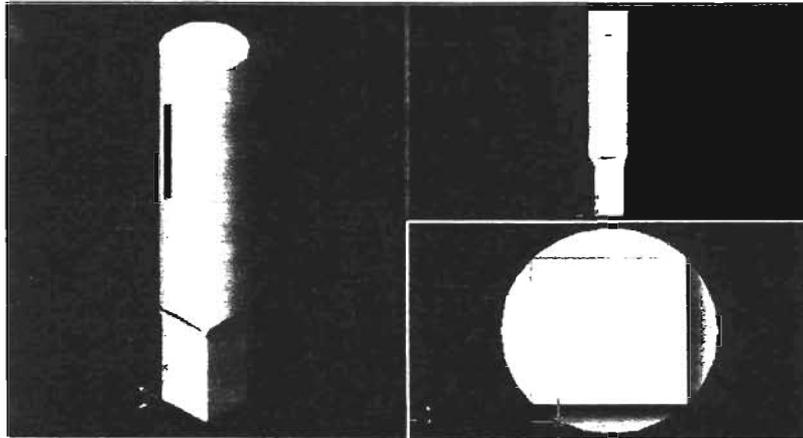


Figura 43. Flecha cuadrada.

II.5.2.10. Soporte pluma.

El soporte de la pluma fue diseñado y fabricado en solera de ¼" mediante dobleces que permiten la inserción de 7 tornillos que fijan sus dos extremos para encapsular sólidamente a la pluma o barrera de contención, figura 44.

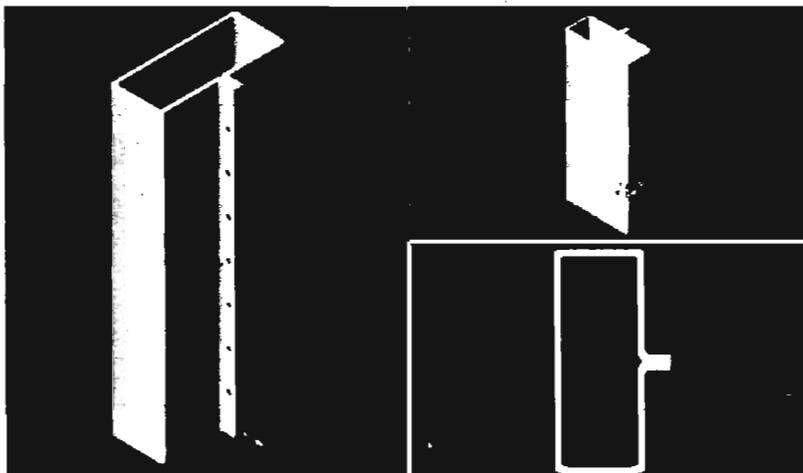
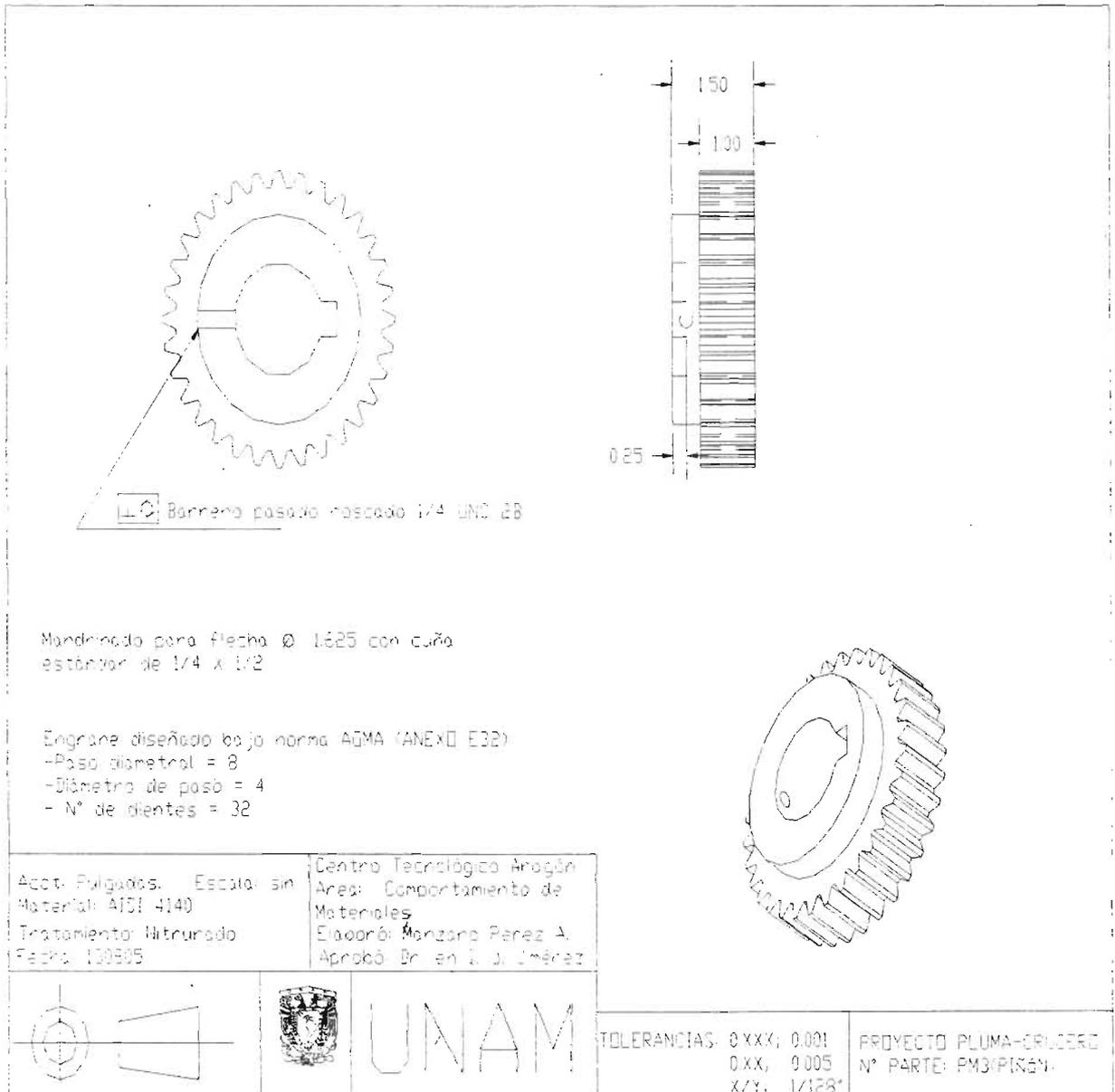


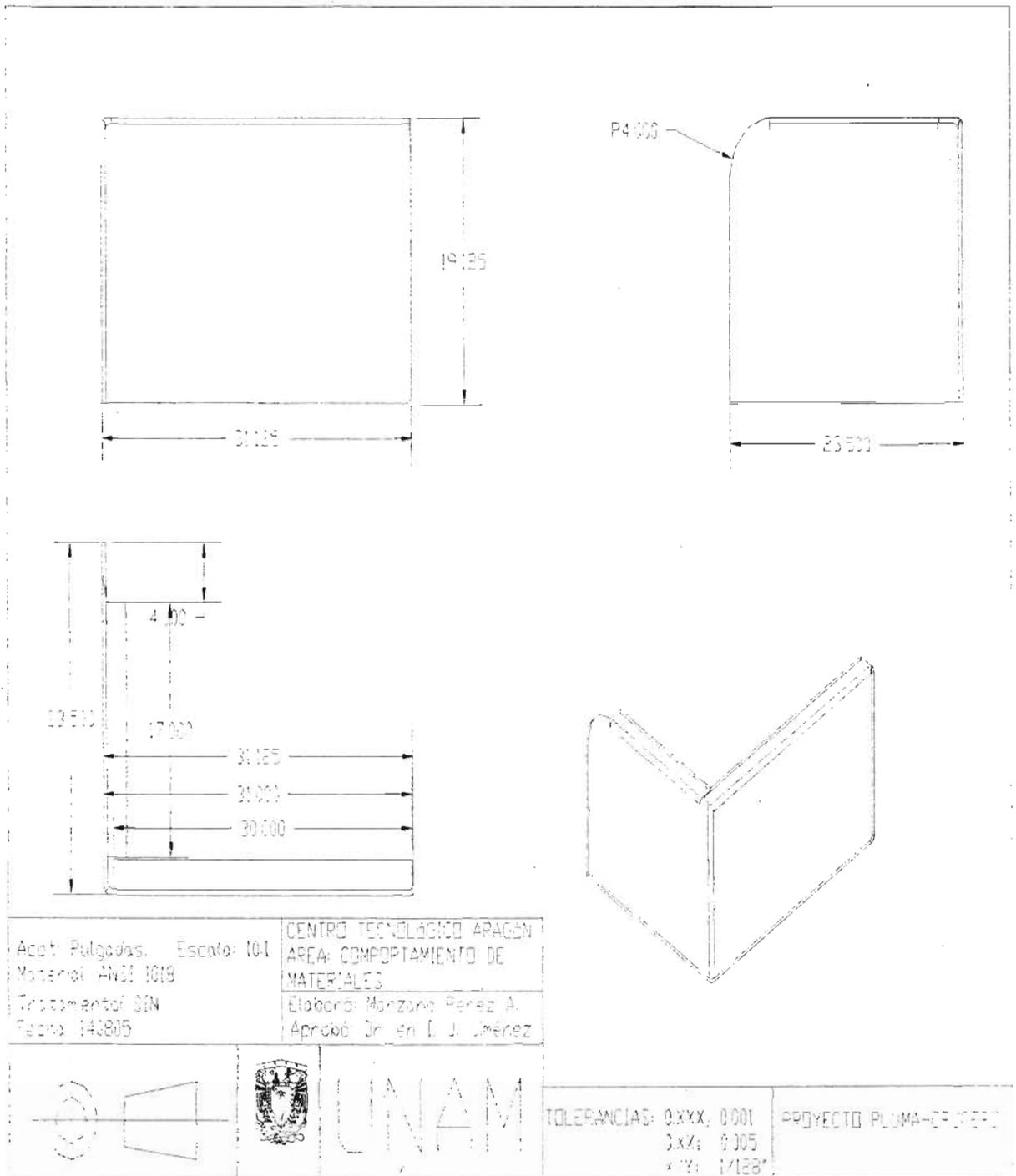
Figura 44. Soporte pluma.

II.5.3. Planos de detalle.

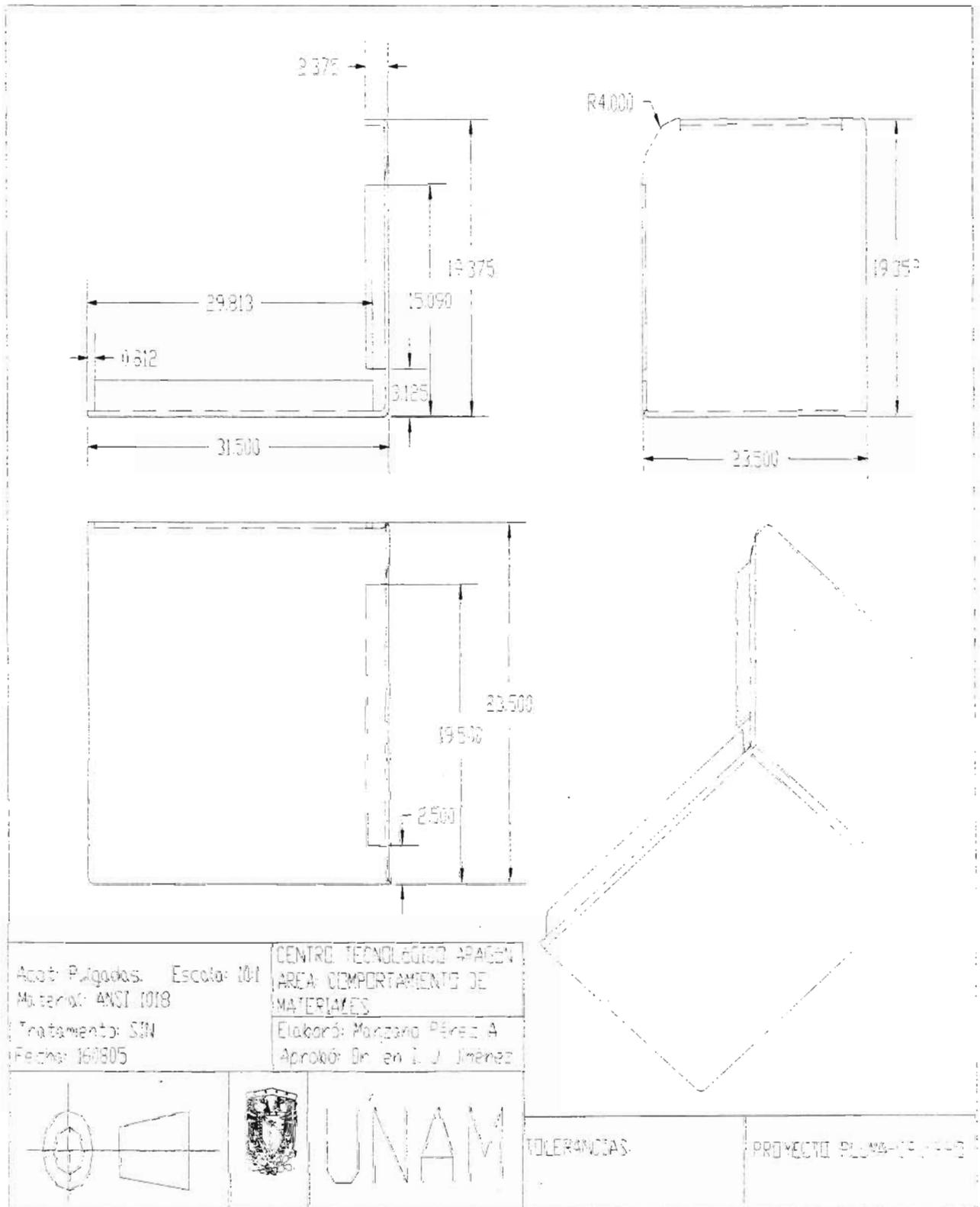
A continuación se muestran los planos de detalle en isométrico, de cada uno de los componentes de todo el sistema mecánico de la barrera de contención, en el orden o secuencia que se presenta en la descripción anterior, en donde se pueden observar todas las vistas de las piezas.



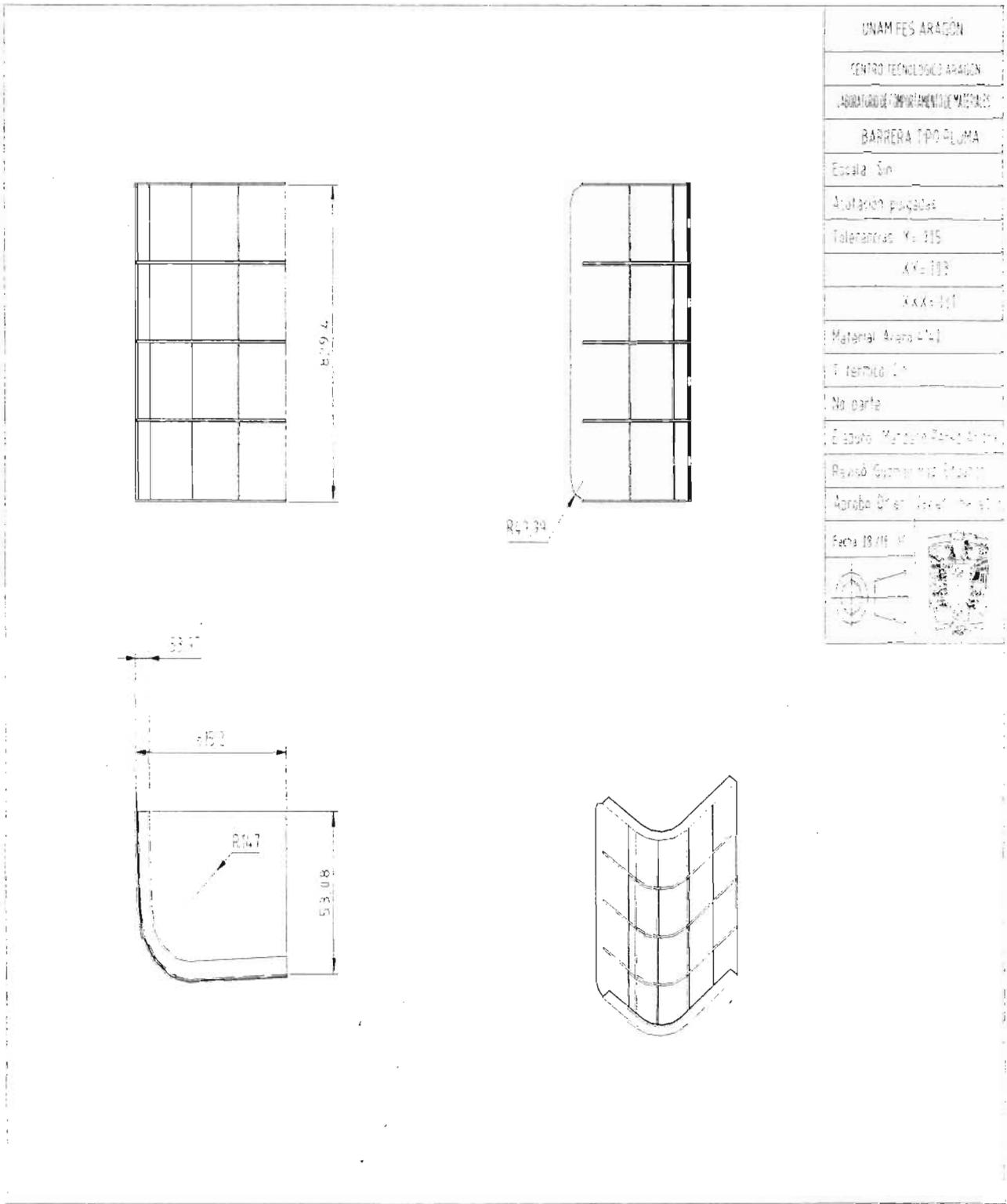
Plano 1. Engrane piñón.



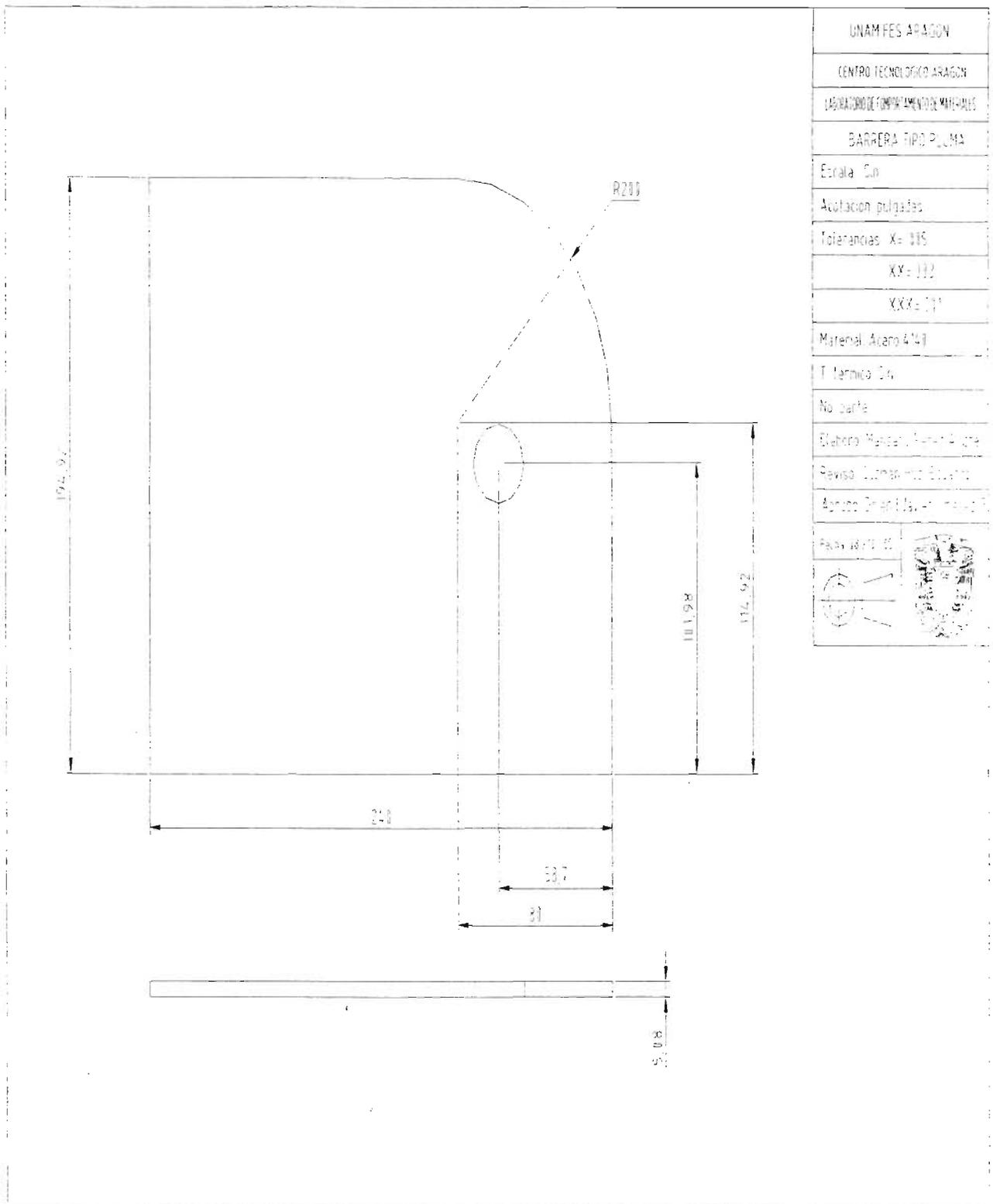
Plano 2. Vista de costados de caja.



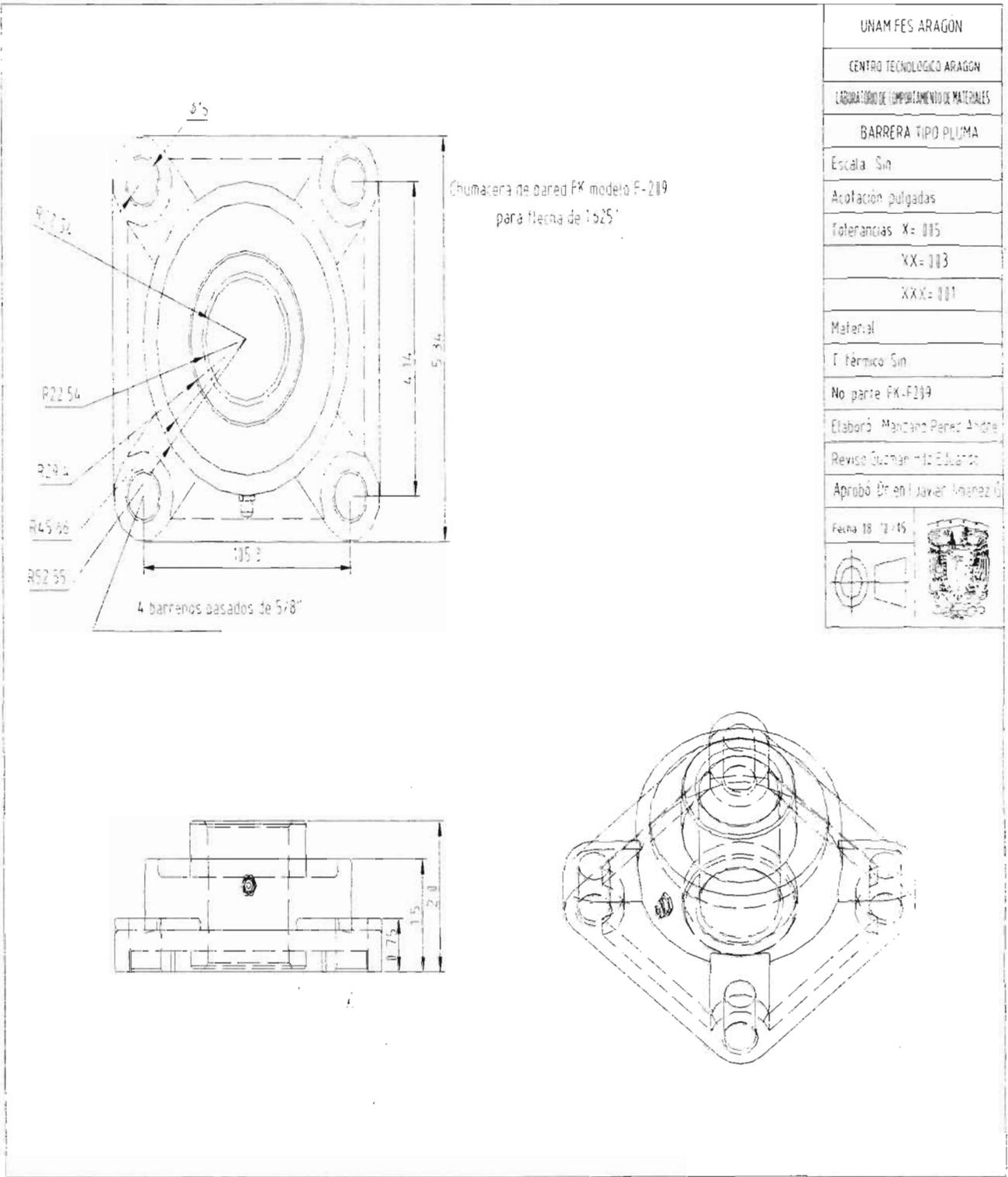
Plano 3. Vista parte trasera de la caja.



Plano 4. Vista isométrica de tapa.



Plano 5. Vista angular de la caja.

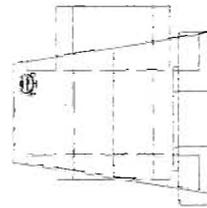
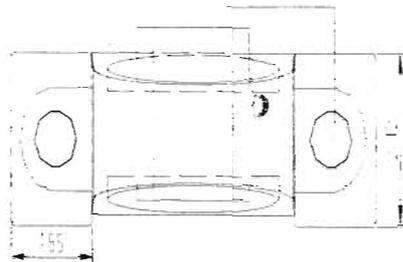


Chumacera de pared FK modelo F-219
para flecha de 1525'

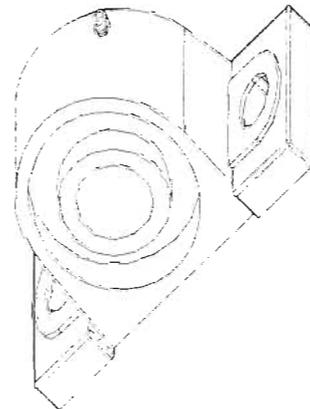
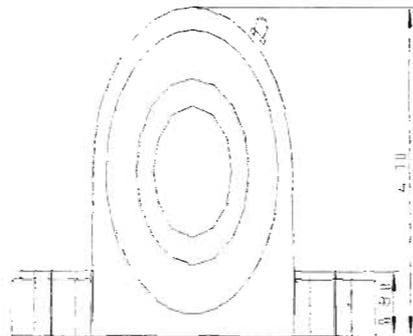
UNAM FES ARAGÓN
CENTRO TECNOLÓGICO ARAGÓN
LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES
BARRERA TIPO PLUMA
Escala: Sin
Anotación: pulgadas
Tolerancias: X= 0.05
XX= 0.13
XXX= 0.01
Material:
T. térmico: Sin
No. parte: FK-F219
Elaboró: Mancano Pérez Andre
Revisó: Guzman - Ho Eduardo
Aprobó: Or en / Javier Arnez G
Fecha: 18 / 12 / 15


Plano 6. Chumacera de pared.

Barrera tipo pluma para altura de 513"
 con ranuras para el ajuste horizontal de 3/16"



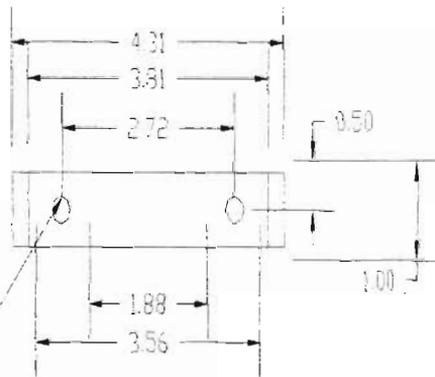
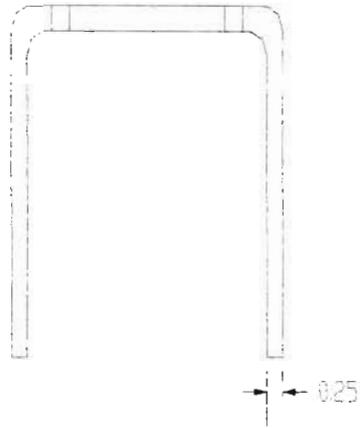
Chumacera de piso FK Modelo P-219
 con ranuras para ajuste de 1/32"



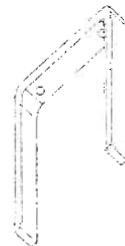
UNAM FES ARAGÓN
CENTRO TECNOLÓGICO ARAGÓN
LABORATORIO DE MONTAJE DE MATERIALES
BARRERA TIPO PLUMA
Escala: Sin
Acoración: pulgadas
Tolerancias: X= 0.05
XX= 0.03
XXX= 0.01
Materiales:
F: fierro: Sin
No parte FK-P-119
Elabora: Manzanao Pérez, Andrés
Revisa: Guzmán Rodríguez
Aprobó: Ordoñez Javier Andrés
Fecha: 16/11/15
 

Plano 7. Chumacera de piso.

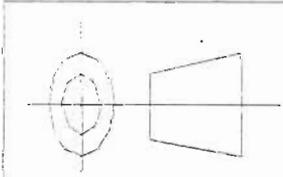
UNION POR SOLDADURA 6012



2 BARRENDOS CUALEADOS \varnothing 9/16



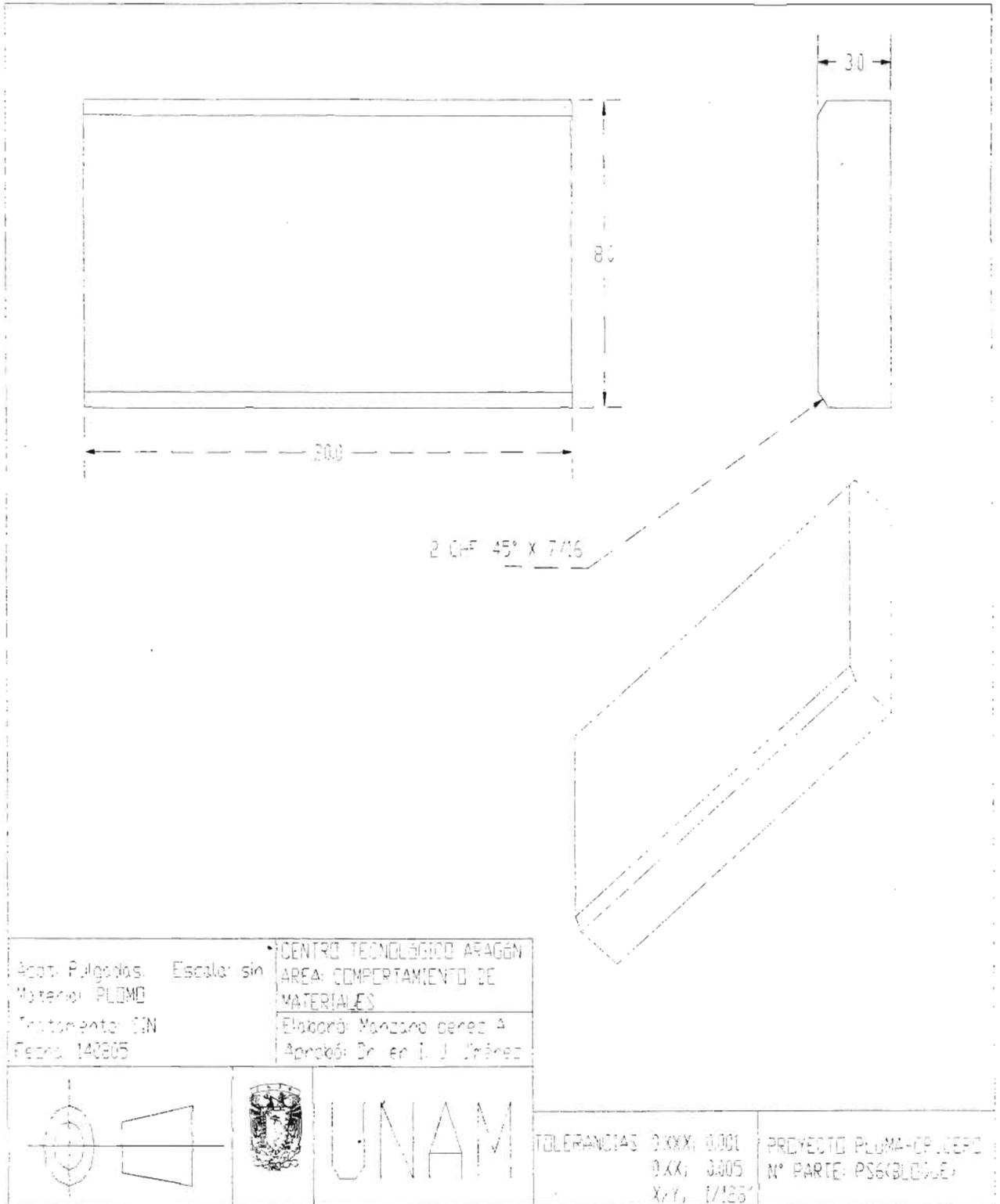
Acot: Pulgadas	Escala: sin	CENTRO TECNOLÓGICO ARAGÓN
Materia: AISI 3018	PLACA 1/2	AREA: COMPORTAMIENTO DE MATERIALES
Instrumento: SIN		Elaboró: Manzano Pérez A.
Fecha: 140805		Aprobó: Dr. en I. J. Jiménez



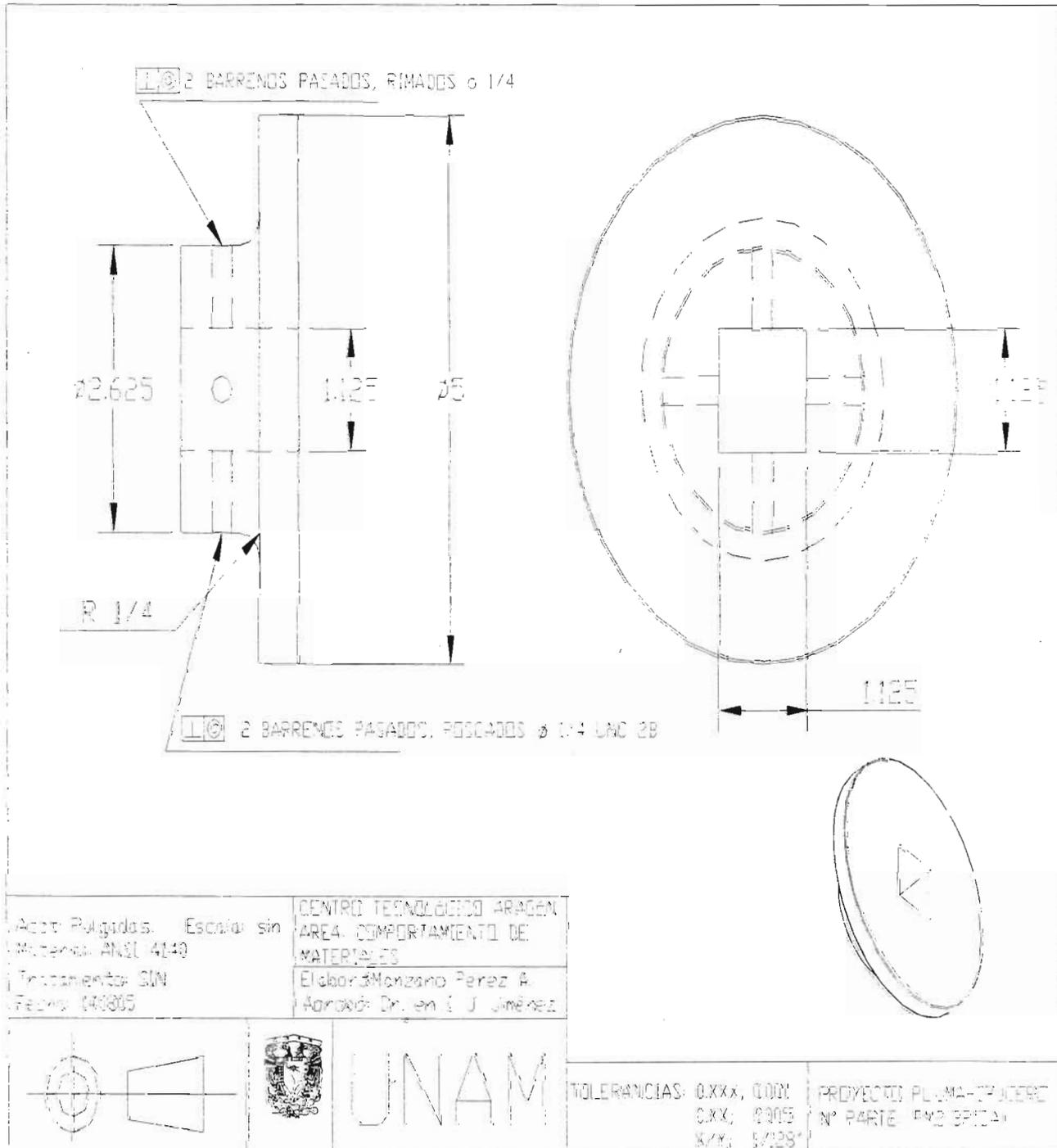
UNAM

TOLERANCIAS: XXX; 0.001	PROYECTO: PL. MA-18.1720
XX; 0.005	Nº PARTE: P03-24-11-14
X/Y; 1/128"	

Plano 8. Base Chumacera (portería).

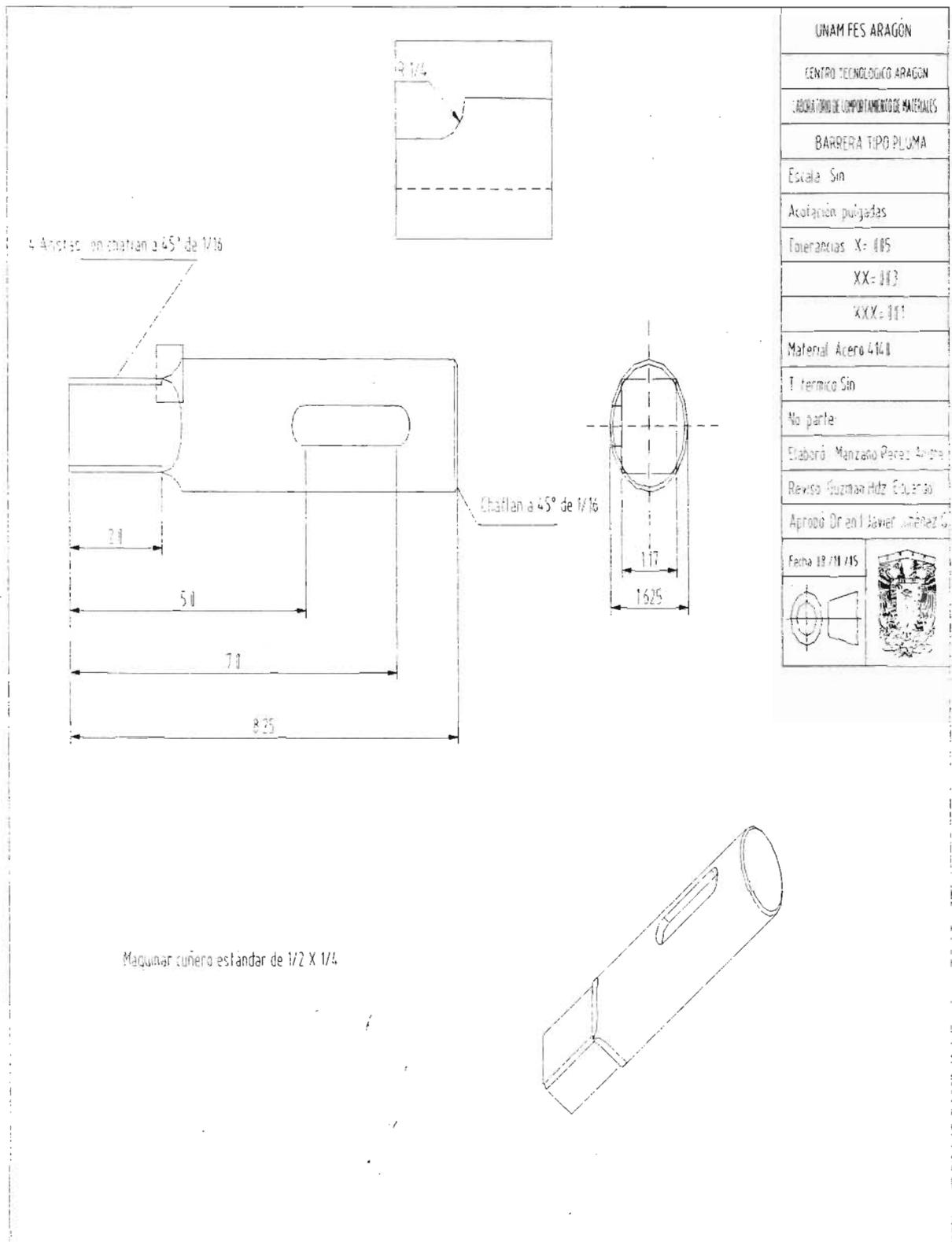


Plano 9. Contrapeso.



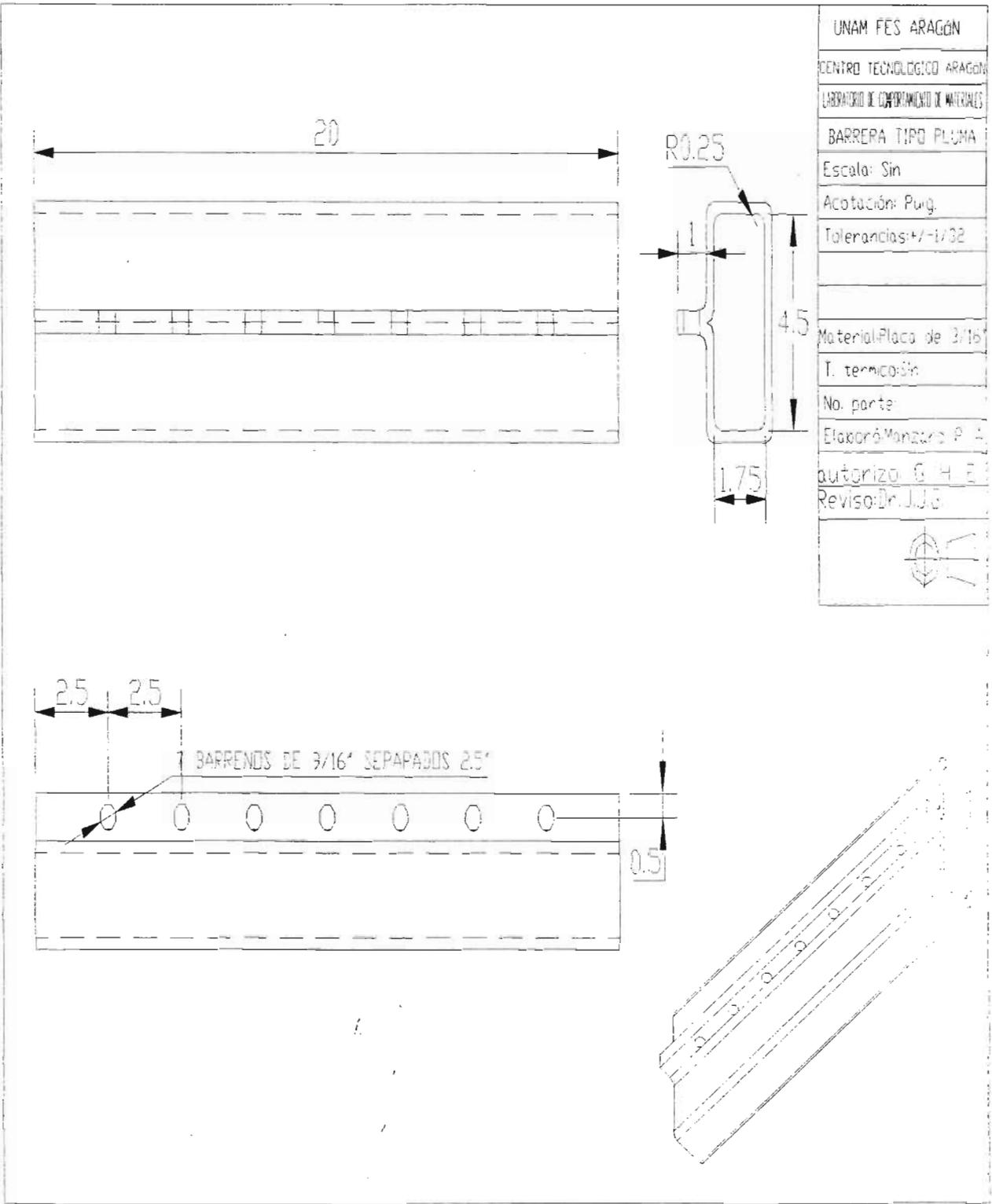
Plano 10.

Brida cuadrada.



Plano 11.

Flecha Cuadrada.



Plano 12. Soporte pluma.

II.5.4. Manuales.

Con base en las especificaciones técnicas del convenio descrito, se elaboraron los manuales de instalación, operación y mantenimiento del sistema seguridad para el tren ligero, a continuación se desglosa todo el contenido de cada uno de los manuales, en la forma en que se entregaron a las autoridades del STEDF, para su aplicación inmediata.

MECANISMOS DE BARRERAS AUTOMATICAS

UNAM

MANUAL DE INSTALACION, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

ÍNDICE

1. Generalidades.

1.1 Descripción

1.2 Características

- a) Eléctricas
- b) Mecánicas

2. Instalación

2.1 Requerimientos de obra civil

2.2 Montaje

2.3 Instalación eléctrica del mecanismo de la barrera automática

- 2.3.1 Puesta a tierra
- 2.3.2 Cables Externos
- 2.3.3 Conexión eléctrica
- 2.3.4 Alimentación

3. Puesta en servicio

3.1 Equipo necesario para la puesta en servicio

3.2 Verificaciones preliminares

3.3 Ajustes

- 3.3.1 Mecanismos diestros
- 3.3.2 Mecanismos zurdos

3.4 Operación manual

- 3.4.1 Barreras diestras
- 3.4.2 Barreras zurdas

4. Funcionamiento

4.1 Principio

4.1.1 Mecanismo tipo A

- a) Motorreductor
- b) Arrancador
- c) Reductor de velocidad

4.1.2 Mecanismos tipo B

4.1.3 Barrera o pluma

4.1.4 Soclo o caja

5. Mantenimiento

- 5.1 Mantenimiento preventivo
- 5.2 Mantenimiento correctivo

6. Figuras ilustrativas

- 1. Conjunto
- 2. Topes del mecanismo
- 3. Puesta a tierra
- 4. Ajuste de posición horizontal
- 5. Arrancador
- 6. Mando manual
- 7. Motor
- 8. Reductor de velocidad
- 9. Mecanismo tipo B
- 10. Soclo
- 11. Dado de concreto

7. Lista de partes

GENERALIDADES

Generalidades.

1.1 Descripción

Cuando se detecta que un tren se aproxima a un paso a nivel, el mecanismo de barrera automática tiene por función detener la circulación vehicular en el cruceo, de una forma más imperativa que una luz roja.

En función de la aplicación en cada tipo de cruceo la barrera abarca la mitad de la vialidad. En el caso del cruceo de Xomali, donde se tiene tres carriles de circulación, se deben instalar barreras tipo A y tipo B.

Cada mecanismo de barrera automática está constituida por:
(Ver figura 1)

- 1 Mecanismo
- 1 Soclo
- 1 Soporte de contrapeso
- 1 Contrapeso
- 1 Soporte de pluma
- 1 Pluma o barrera de contención

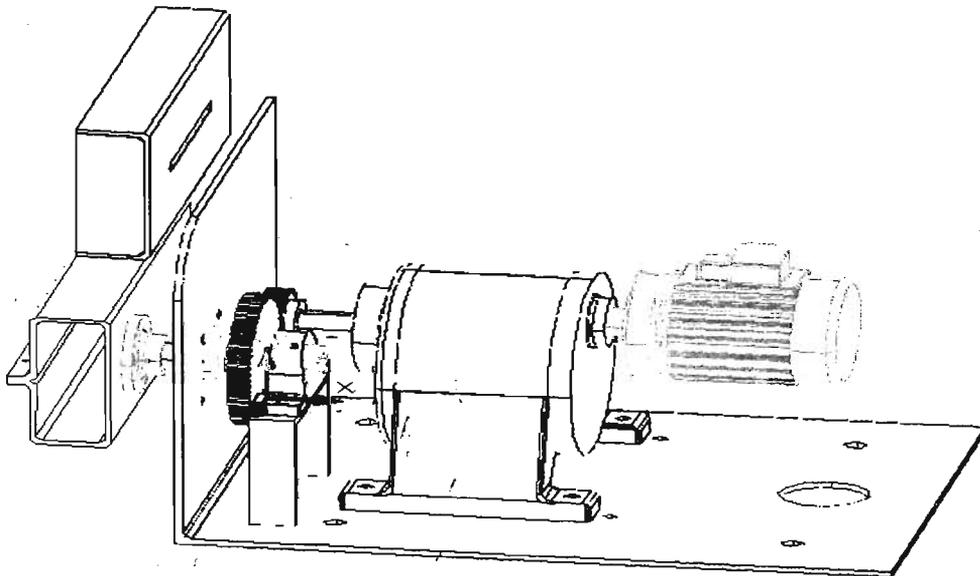


Figura 1. Mecanismo de barrera.

1.2 Características

A) Eléctricas

- Alimentación del motor 220 V
- Intensidad máxima absorbida por el mecanismo al momento del arranque 5.0 A
- Intensidad nominal del motor 3.5 A
- Tiempo de maniobra 8.00 segundos

B) Mecánicas

- Angulo máximo de apertura 90°
- Altura de la barrera con respecto al suelo 90 cms
- Peso aproximado 40 Kg.
- Longitud de la barrera 8.0m

MANUAL DE

INSTALACIÓN

Instalación

2.1 Requerimientos de obra civil.

Para la instalación de los mecanismos de barreras automáticas, se requiere un dado de concreto, el cuál se realizará de acuerdo con los planos de construcción y de ubicación correspondientes:

- Plano de construcción del dado PC001
- Plano de dimensiones generales PC002
- Plano de la isleta PC003

Así mismo deberán prever los ductos y los registros necesarios para las canalizaciones de los cables entre los mecanismos, las fuentes de alimentación y el panel de control.

Se sugiere colocar una protección mecánica para cada uno de los mecanismos que estén expuestos de sufrir daños a causa de colisión vehicular.

Conviene instalar esta protección al momento que se construyan las bases de concreto con la finalidad de proporcionarles una mayor rigidez mecánica.

2.2 Montaje.

En taller:

1. Acoplar el piñón motriz por medio de una cuña, colocar una rondana de 5/8" y tornillo de 5/8" y 1" de largo en la flecha de salida del motorreductor.
2. Ensamblar la chumacera de piso, la cuña y el engrane de 8" en la flecha de salida (el lado que tiene un barreno rimado debe dirigirse hacia fuera del mecanismo)
3. Montar la chumacera de pared por medio de los tornillos de cabeza de gota de 1/2" y 2" largo con rondana plana 1/2", rondana de presión 1/2" y tuerca.
4. Meter la flecha principal ya ensamblada con la chumacera de piso y el engrane principal a través de la chumacera de pared.
5. Fijarla chumacera de piso a la base sin apretarla, por medio de tornillos de 1/2" por 2 1/2" de largo, rondañas planas, de presión y tuercas.
6. Retirar la tapa de resguardo de los cables de entrada del motor, pasarlos por el barreno inferior de esté y juntarlos según el diagrama para la conexión de baja tensión, como viene indicado en la placa de información del motor.

7. Introducir el motorreductor a la caja del mecanismo alineando los engranes para que queden correctamente endentados.
8. Colocar tornillos de $\frac{1}{2}$ " por $2 \frac{1}{2}$ " de largo, rondanas planas, de presión y tuercas para fijar el motorreductor a la caja, sin apretarlos.
9. Para que se alineen correctamente los engranes se debe poner en funcionamiento el motorreductor, para ello será necesario conectarlo temporalmente a un arrancador reversible, tal como se indica en el diagrama del mismo.
10. Una vez que se han alineado los engranes se puede proceder a apretar todos los tornillos y tuercas del motorreductor y las chumaceras.

En el crucero:

1. Verificar que el dado esté construido y orientado conforme a los requerimientos especificados en los planos indicados anteriormente, asegurándose sobre todo de que el dado de concreto está nivelado con respecto a la vialidad.
2. Extraer los cables de alimentación que provienen del tubo del dado de concreto, lo suficiente para poder realizar las conexiones requeridas
3. Colocar el soclo sobre el dado de concreto, de tal manera que la tapa de acceso este perpendicular a las vías y su apertura sea hacia el cruce vehicular. Poner las rondanas planas, las de presión y las tuercas en las anclas.
4. Colocar el soporte de la pluma y contrapeso en posición horizontal.
5. Extraer cables de las luces de señalización de la barrera, pasarlos por los barrenos destinados para ello de manera tal que se realice su conexión dentro de la caja del mecanismo.
6. Montar y fijar la barrera principal sobre el soporte en posición horizontal, por medio del empaque de neopreno y 6 tornillos de $\frac{3}{8}$ " con rondanas de presión y tuercas.
7. Colocar el contra peso correspondiente.

2.3 Instalación eléctrica del mecanismo de la barrera automática.

2.3.1 Puesta a tierra.

Cada crucero dará contar con un sistema de tierra con una calidad de 5 ohms máximo a fin de permitir el aterrizaje de cada una de las masas de los mecanismos.

Se puede colocar una sola red con una varilla de tierra o bien instalar una varilla independiente por mecanismo.

En caso de existir ya una red de tierra disponible con las características adecuadas, ésta podrá utilizarse.

El soclo cuenta con una toma de tierra instalada en la base en la cual deberá conectarse el cable de tierra tal como se muestra en la figura.

2.3.2 Cables Externos.

En función de cada tipo de crucero, será necesario definir las características y trayectorias de los cables para la alimentación eléctrica de los mecanismos de las barreras automáticas, así como aquellos que correspondan al mando para el accionamiento de cada uno de los mismos.

2.3.3 Conexión eléctrica.

1. Verificar la continuidad eléctrica y que el aislamiento eléctrico no este dañado, tanto en los cables del arrancador, como en los de alimentación que llegan por la parte inferior del soclo.
2. Conectar estos cables en función del diagrama. (Ver planos PE-001 y PE-002).
3. No cerrar aun, ningún borne seccionable.

2.3.4 Alimentación.

Cada mecanismo requiere 220 V CA, 5ª para alimentarse.

La alimentación deberá provenir de una fuente regulada de voltaje que suministrará la corriente necesaria de acuerdo al número de mecanismos de barrera alimentados simultáneamente, considerando que el mecanismo consume al arranque 5.0 A a 220 V, seguido de un consumo nominal de 3.5 A durante 8 seg.

En caso de alimentar varios mecanismos con una misma fuente, hay que considerar la caída de tensión provocada por el cable.

Se deberá prever una protección general en el sistema de alimentación.

MANUAL DE

PUESTA EN SERVICIO

Puesta en servicio

3.1 Equipo necesario para la puesta en servicio.

- Multímetro 0-10 A en CA.
- Nivel

3.2 Verificaciones preliminares.

Antes de proceder a los ajustes del mecanismo de la barrera automática, se recomienda hacer una inspección general, tanto de la instalación, como de las conexiones realizadas, de tal manera de hacer las siguientes verificaciones:

- El adecuado apriete de todas las tuercas del soclo, mecanismo, barrera, contrapeso, etc.
- Las conexiones en función de los diagramas eléctricos.
- La correcta fijación de los cables a los bornes de conexión.
- El sistema de tierra y su conexión.
- La tensión de la acometida principal.

3.3 Ajustes.

3.3.1 Mecanismos para barreras tipo A.

PRECAUCIÓN

Evite accidentes, es necesario cerciorarse de:

- Que ningún objeto ajeno al mecanismo automático se encuentre en el interior del mismo (herramental, instrumentos de medición, etc.).
- Que el área de acción de la barrera y del contrapeso esté libre obstáculos y de personas.
- Una vez energizada no intentar impedir su funcionamiento normal utilizando medios mecánicos, en caso de anomalía interrumpir la alimentación del equipo.

A) Ajuste de la posición horizontal.

Para ello se debe poner el barreno rimado de la flecha de salida principal exactamente a 90° con ayuda de un nivel.

B) Ajuste de la verticalidad de la barrera.

No será necesaria, ya que estos dispositivos controlan su posición en base a el tiempo programado en el PLC.

C) Tiempo de funcionamiento de subida.

Una vez que la fuente de alimentación está debidamente conectada, el tiempo de subida de la barrera deberá ser de 8.0 segundos.

D) Tiempo de funcionamiento de bajada.

Al igual que en el movimiento de ascenso, el tiempo requerido para el descenso, será de 8.0 segundos.

3.3.2 Mecanismo tipo B

Se deberá seguir el mismo procedimiento que el empleado en los mecanismos tipo A.

3.4 Operación Manual.

3.4.1 Para barreras tipo A.

3.4.2 Barreras tipo B.

MANUAL DE

FUNCIONAMIENTO

Funcionamiento

4.1 Consideraciones.

Con la finalidad de que todo incidente o falla del material no sea causa de un posible accidente, los mecanismos han sido concebidos considerando los siguientes puntos:

a) en caso de falta de alimentación o de corte de un circuito de mando:

Los mecanismos pueden permanecer en posición vertical por gravedad con la finalidad de no dejar vehículos encerrados dentro del crucero.

b) guarda crucero

c) En funcionamiento normal, los mecanismos de barreras deben iniciar u bajada después del cierre (posición baja) de las barreras A de tal manera de evitar que un vehículo quede atrapado dentro del crucero.

d) Ambos tipos de barreras emplean un motor para los dos movimientos, manteniéndose en esta posición por medio del par de arranque del motor.

4.2 Principio.

4.2.1 Mecanismo tipo A.

Básicamente esta constituido por un motor eléctrico, un motorreductor, un arrancador, un PLC, un reductor de velocidad que termina en una flecha principal que finalmente acciona la barrera.

A) Motor.

El motor eléctrico, es un motor trifásico de inducción cerrado; con una sola flecha de salida y dos sentidos de rotación en función del tipo de conexión.

La flecha de salida se acopla directamente al motorreductor y a su vez con el sistema de reducción secundario.

Para subir la barrera, el motorreductor con un alto rendimiento y una baja velocidad de rotación (2.6 RPM), permite que el tiempo de subida sea de aproximadamente de 8.0 seg. y la intensidad absorbida como máximo de 5.0 A.

B) Arrancador.

El arrancador recibe y transmite al motor las ordenes recibidas del PLC. Este arrancador está constituido por un relevador de carga y dos contactores, estos, en función de la señal enviada por el PLC se activan alternativamente para generar el movimiento en la dirección correspondiente.

C) Reductor de velocidad.

Debido a que la velocidad de salida que tiene el motorreductor es de 3.6 RPM, esta velocidad es en cierta medida excesiva para el movimiento de ascenso y descenso de la barrera, por ello está acoplado un sistema de engranes para poder obtener la velocidad optima de 8.0 segundos aproximadamente.

Este sistema consta de un piñón motriz de 4 pulgadas de diámetro que se acopla directamente a la flecha de salida del motorreductor y de un engrane de 8 pulgadas de diámetro que se ensambla con la flecha principal que soporta a la barrera.

Estos engranes están fabricados en acero AISI 4140, con un paso diametral de 8 dientes por pulgada y un tratamiento térmico de nitrurado.

4.1.2 Mecanismo tipo B

El mecanismo tipo B está constituido de la misma manera que los mecanismos tipo A la única diferencia que existe entre ambos es la ubicación del sistema de la flecha de salida, ya que estos están colocados así, para dar una simetría y alineación a las barreras en el crucero.

4.1.3 Barrera o pluma.

La barrera y su contrapeso están montados en un soporte el cual se encuentra fijo a la flecha principal que esta montada a su vez, al engrane del reductor de velocidad del mecanismo.

La barrera es de aluminio extruido 6061-T6 cuya longitud total es de 8 m.

El contrapeso es un bloque de plomo fundido de 60 Kg. cuya posición dentro del soporte, permite obtener el ajuste del par para la posición horizontal.

4.1.4 Soclo o Caja.

El soclo es la base que aloja todo el conjunto del mecanismo y de la barrera con su respectivo soporte y contrapeso.

Esta fabricada en placa de acero y esta fijo sobre un dado de concreto. Por su concepción, recibe los cables por la parte inferior, dispone de una Terminal para puesta a tierra.

Con el fin de que la pluma contara con señalización visual, se le incrusto en la parte central una lámpara de alta intensidad de color rojo con un diámetro de 4" que trabaja a una frecuencia de un ciclo.

Además cada brazo tiene incorporado dos luces estroboscópicas blancas en sus extremos trabajando a una frecuencia de dos destellos por segundo, que se activan cuando la pluma inicia el viaje hacia la horizontal y se apagan cuando la pluma se encuentra en la posición vertical.

MANUAL DE

MANTENIMIENTO

Mantenimiento

Durante el periodo de garantía el usuario estará limitado a ejecutar el mantenimiento preventivo, teniendo cuidado de no desarmar los conjuntos o subconjuntos que integran al mecanismo.

5.1 Mantenimiento preventivo.

Las operaciones de mantenimiento descritas a continuación, deberán ejecutarse después de una utilización del mecanismo cada seis meses.

El mantenimiento preventivo de estos mecanismos es muy simple y consiste en las revisiones siguientes:

- Inspección visual del buen estado del mecanismo.
- Desempolvamiento y limpieza de la grasa lanzada.
- Revisión del apriete correcto de las tuercas y tornillos.
- Inspección general y engrasado en los puntos requeridos con los lubricantes apropiados:
- Rodamientos (cuando estos no son auto lubricados)
- Tren de engranes
- Flecha principal

Utilizar grasa multiuso 4746 ESSO o similar.

Figuras del Conjunto del sistema.

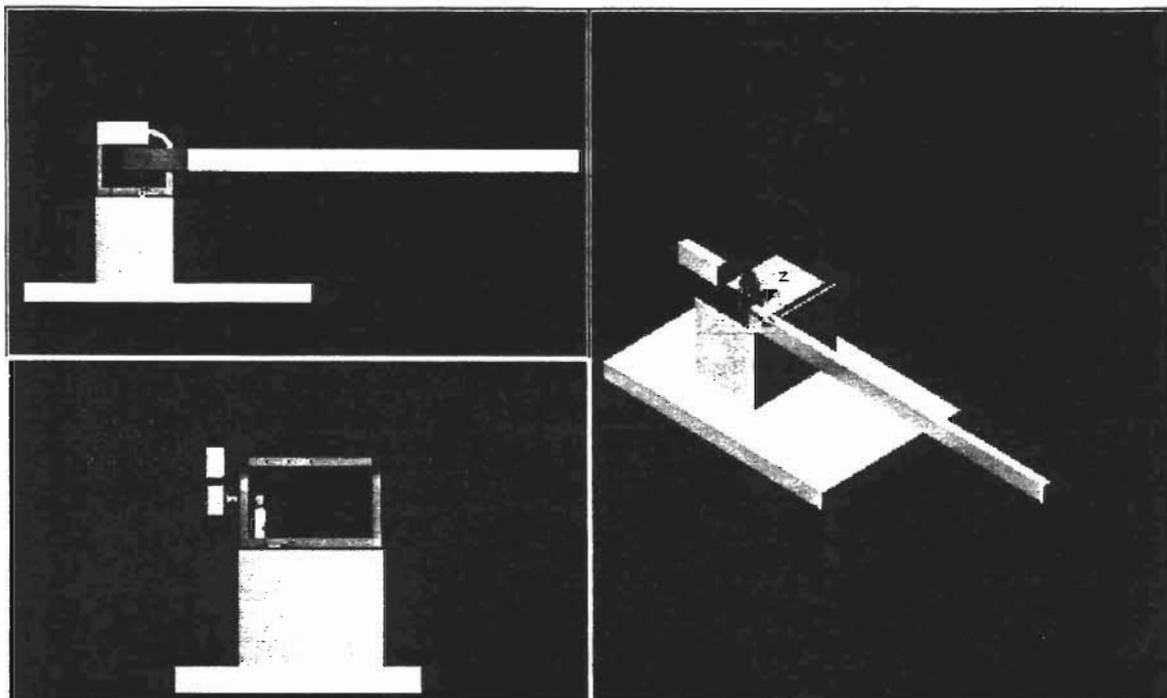


Figura 2. Conjunto pluma. SE Isométrico.

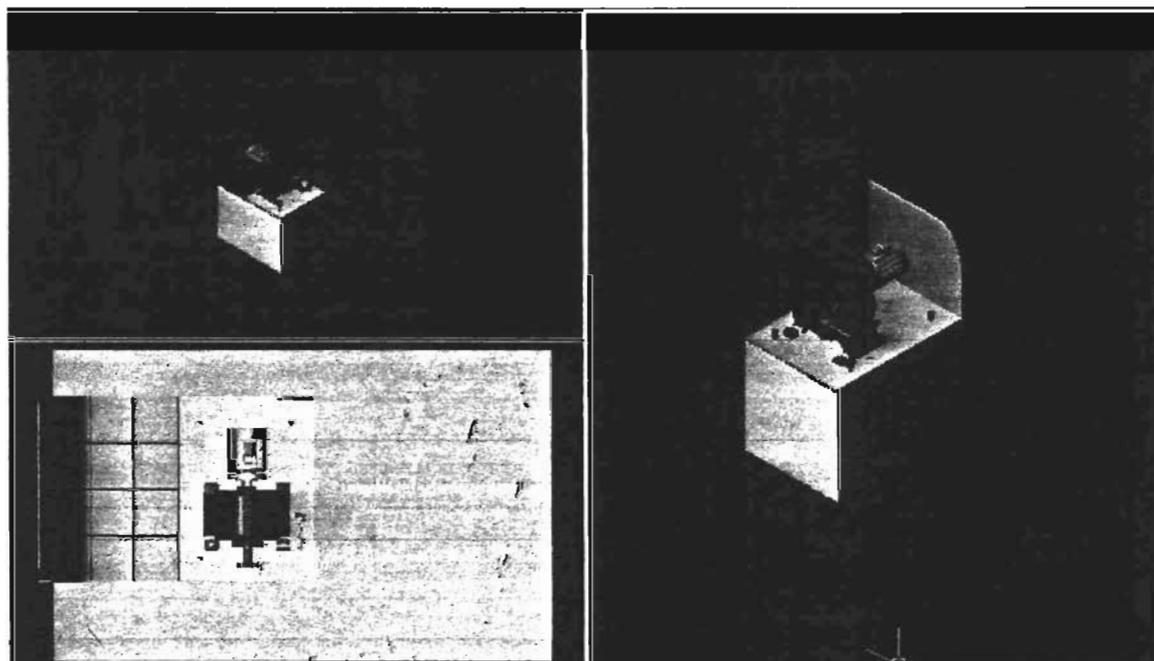


Figura 3. Vista superior y vista lateral.

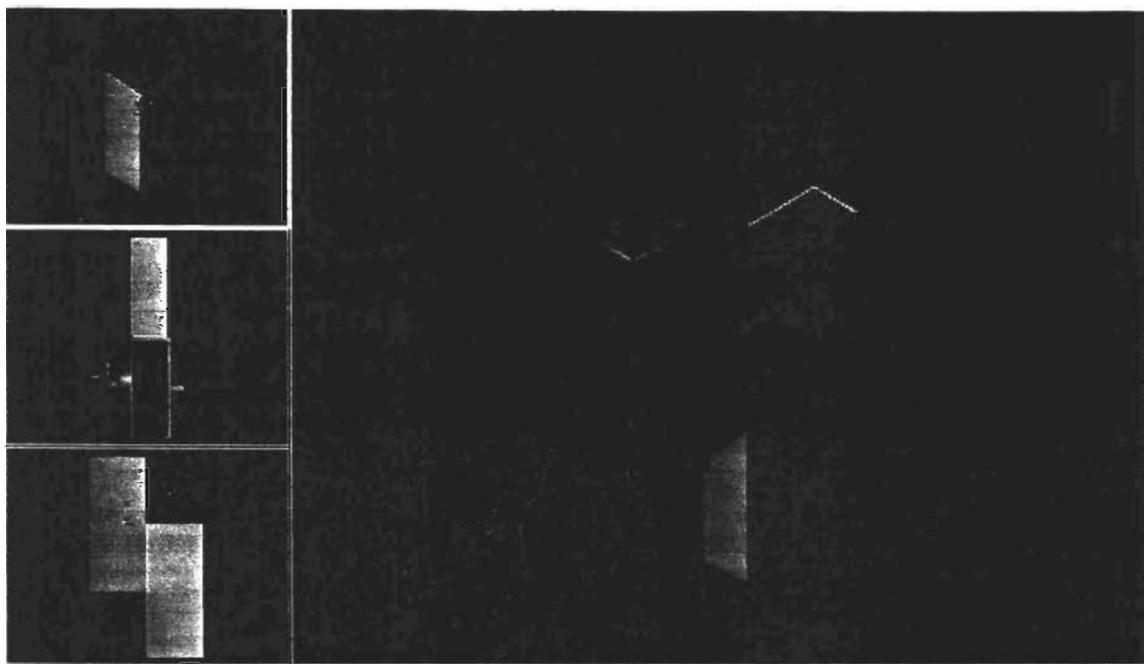


Figura 4. Soporte compensado. SE Isométrico

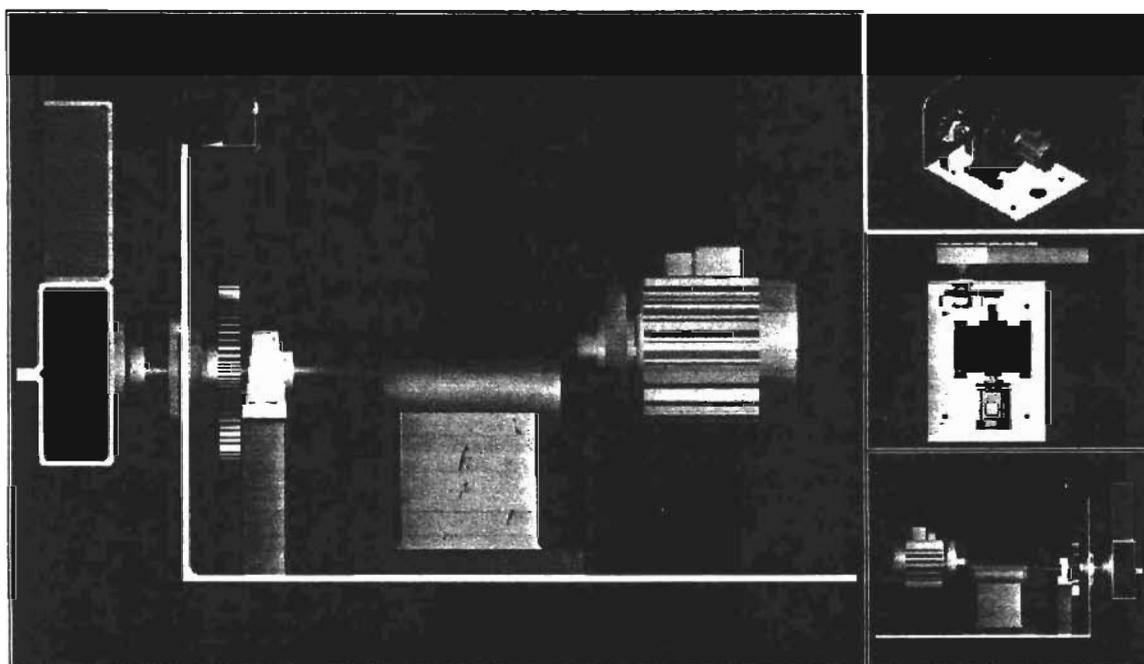


Figura 5. Ensamble. Se Isométrico.

Conclusiones.

- Con base en la metodología de la investigación se desarrolló un sistema de seguridad para los cruceros del tren ligero de la ciudad de México.
- Se diseñaron e implementaron todos los subsistemas infrarrojos, utilizando tecnología de microcontroladores PIC, así como los circuitos necesarios para generar las señales.
- Se diseñó y fabricó el sistema mecánico principal para el desplazamiento de las plumas cuya longitud es de 8 metros.
- El material seleccionado para la fabricación de las plumas fue una aleación de aluminio extruido 6061-T6, ya que cumple con las especificaciones del diseño conceptual.
- Para la adecuada operación del sistema de seguridad, se elaboraron los manuales de instalación, operación y mantenimiento.
- Con el sistema implementado se demostró que las universidades en sus tareas fundamentales de docencia, investigación y difusión de la cultura, pueden incidir con éxito en aspectos tan importantes, como es el desarrollo tecnológico de sistemas de transporte eléctrico, para reducir la enorme dependencia tecnológica.

Bibliografía.

- [1] Amstead B.H. (1985). Manufacturing processes. Continental, México.
- [2] Gray P. R. y Meyer, R. G. (1998) Analysis and design of analog integrated circuits. New York .
- [3] Groover M.P. (1997). Fundamentals of modern manufacturing. Prentice Hall. México.
- [4] Kalpajian S. and Shmid S. (2002). Manufacturing engineering and Technology. Prentice Hall, México.
- [6] STEDF, (2003). Manual del sistema de transporte eléctrico de la ciudad de México.
- [7] Tomasi, W.(1988). Electronic communications systems: Fundamentals through advanced. Prentice Hall, New Jersey.
- [10] Sklar, Bernard (1908.). Digital communications: Fundamentals and applications. Englewood cliffs, New Jersey: Prentice Hall,
- [12] Aliaomega Marcombo, Schilling, Donald L., Belove (1991) Circuitos electrónicos Discretos e integrados. Charles. México, D.F.
- [13] Diseño de circuitos con transistores. Análisis, laboratorio y problemas.
- [14] Carr, Joseph J. Digital Interfacing with an analogy world.
- [15] Mims III, Forrest M. EngineeYs Mini-notebook. Communication projects.
- [16] Malvino, Albert Paul (1982.) Principios de electrónica, México: McGraw-Hill,

Páginas WEB.

http://www.ste.df.gob.mx/proyectos/control_paso.html
09/Septiembre/2005

<http://www.ste.df.gob.mx/antecedentes/trenligero1.html>
09/Septiembre/2005

<http://www.ste.df.gob.mx/historia/tranvias28.html>
20/Octubre/2005

<http://www.ste.df.gob.mx/historia/tranvias26.html>
22/Octubre/2005

<http://www.subways.net/mexico/mexicocity.htm>
24/Octubre/2005

<http://www.visitasguiadas.df.gob.mx/perfiles/transporte.html>
18/Octubre/2005

[http://www.gob.mx/wb2/egobierno/egob_Informacion de las centrales camioneras](http://www.gob.mx/wb2/egobierno/egob_Informacion_de_las_centrales_camioneras)
26/Octubre/2005

<http://www.segundonivel.df.gob.mx/problemas/1diagnostico.htm>
20/Octubre/2005

<http://www.terra.com.mx/noticias/articulo/071603/pagina3.htm>
20/Octubre/2005

<http://www.metro.df.gob.mx/servicios/>
20/Octubre/2005.

http://www.setravi.df.gob.mx/anuario/estadistica/publico_gdf/tren.doc
20/Octubre/2005

http://www.setravi.df.gob.mx/anuario/textos/publico_gdf.htm
20/Octubre/2005

[http://usuarios.arsystel.com/predicae/cursos/vibracion/cajas de engranes1.htm](http://usuarios.arsystel.com/predicae/cursos/vibracion/cajas_de_engranes1.htm)
7/Abril/04