

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**“DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO PARA EL
DESPLAZAMIENTO DE LA CÁMARA DE RAYOS X DENTRO DE
LA UNIDAD DE EMERGENCIAS DEL HOSPITAL CLÍNICO
UNIVERSITARIO”**

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por los Brs. Cid Prieto, Gabriela
Vegas Gutiérrez, Armando José
Para Optar al Título de
Ingeniero Mecánico

Caracas, 2003

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

“DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO PARA EL DESPLAZAMIENTO DE LA CÁMARA DE RAYOS X DENTRO DE LA UNIDAD DE EMERGENCIAS DEL HOSPITAL CLÍNICO UNIVERSITARIO”

TUTOR ACADEMICO: Prof. Ing. Pedro Lecue

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por los Brs. Cid Prieto, Gabriela
Vegas Gutiérrez, Armando José
Para Optar al Título de
Ingeniero Mecánico

Caracas, 2003

Dedicatorias

A mi Dios, por ser mi guía.

A mis padres, hermanos y abuela, por apoyarme en todo momento.

A mis amigos, en especial a Frank, que aunque no se encuentra en vida, yo se que siempre estará conmigo.

Gabriela Cid Prieto

A Dios que me dio la vida

A mis Padres que siempre han sido mi mayor apoyo y mi principal ejemplo de lucha y perseverancia

A mis hermanos por su constante palabra de aliento

A mi Novia Adriana que supo darme valor y ánimo en los momentos difíciles

Armando J. Vegas G.

Agradecimientos

Al Prof. Pedro Lecue por la ayuda en la realización de este proyecto.

Al Prof. Fausto Carpentiero por su asesoramiento y orientación durante el desarrollo de este trabajo.

Al Prof. Pedro Cadenas por su aporte y colaboración.

Un agradecimiento especial al Prof. José Barriola y al Prof. Jorge Cruz, por su apoyo incondicional y recomendaciones que facilitaron la culminación de este trabajo.

Al Dr. Mauricio Rondón por su tiempo y contribución durante la realización de este proyecto.

A nuestras familias, por ser las primeras forjadoras de este logro

Y a todos nuestros compañeros que nos apoyaron en todo momento, muy en especial a: John Díaz, Verónica Gil, José Morillo, y Mauricio Sastoque.

A TODOS UDS NUESTROS MÁS SINCEROS AGRADECIMIENTOS

	Pág.
Dedicatorias.	I
Agradecimientos.	II
Índice General.	III
Índice de Figuras.	VI
Índice de Tablas.	VIII

Resumen.	X
----------	---

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1	Introducción.	1
1.2	Antecedentes.	2
1.3	Planteamiento del Problema.	3

CAPITULO II

RESEÑA HISTÓRICA

2.1	Reseña Histórica de La Unidad de Emergencia del Hospital Clínico Universitario	4
-----	---	---

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1	Proceso de Diseño	9
3.2	Métodos de Diseño	10
3.2.1	Mecanismos para la Generación de Idea	10
3.2.2	Método de la Tormenta de Ideas (Brainstorming).	11
3.2.3	Estudio Preliminar de Costos	20
3.2.4	Método del Análisis Morfológico.	21
3.2.4.1	Parámetros de Selección para las Opciones	21
3.2.4.2	Matriz Morfológica	25
3.3	Estudio de la Factibilidad	26
3.3.1	Factibilidad Técnica	26
3.3.2	Factibilidad Económica	26

CAPITULO IV

TEORÍAS FUNDAMENTALES, CÁLCULOS Y DISEÑO.

4.1	Sistema de Transporte	33
4.1.1	Selección de la Viga	33
4.1.2	Selección de Pernos para los Apoyos	49
4.1.3	Elección de Potencia	56
4.1.4	Selección de la Cadena de Transmisión y del Piñón	56
4.1.5	Perfil para la cubierta de la Cadena	62
4.1.6	Colocación de los Piñones y Tensión de la Cadena	62
4.1.7	Conector para el Transporte de la Viga Secundaria	63
4.1.8	Vinculo entre la Viga Principal y la Viga Secundaria	63
4.1.9	Transporte Sistema de Elevación y Generador	63
4.1.10	Colocación y Ubicación de los Motores	66
4.2	Sistemas de Elevación	68
4.2.1	Selección del Cable	68
4.2.2	Especificaciones del Tambor	70
4.2.3	Sistema Telescópico	72
4.2.4	Sistema de Sujeción Cámara RX y Mecanismo de Elevación	73
4.3	Rediseño de las Camas	73
4.3.1	Calculo de los Bordes de Acero	74
4.3.2	Calculo de la Baquelita	75
4.3.3	Apoyos de la Armadura	77

CAPITULO V

SISTEMAS DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN.

5.1	Principio de un sistema automático	78
5.1.1	Fases de estudio en la elaboración de un automatismo	78
5.1.2	Opciones tecnológicas	81
5.2	Autómatas Programables	82
5.2.1	Definición	82

5.2.2	Antecedentes e Historia	82
5.2.3	Campos de Aplicación	85
5.2.4	Ventajas e Inconvenientes del PLC	87
5.2.4.1	Ventajas del PLC	87
5.2.4.2	Inconveniente del PLC	88
5.3	Narrativa Sistema de Control	89
5.4	Selección del PLC y Accesorios	91

CAPITULO VI

COSTOS DE EQUIPOS

6.1	Costos de Equipos	94
6.2	Mantenimiento de Equipos	95

CONCLUSIONES.	97
----------------------	----

RECOMENDACIONES.	98
-------------------------	----

BIBLIOGRAFÍA.	99
----------------------	----

ANEXOS.

A.1	Lay-out de la Sala
A.2	Perfil
A.3	Piñón
A.4	Conectores
A.5	Caja Transportadora
A.6	Barras soporte
A.7	Sist. Telescópico
A.8	Camas
A.9	Sala con el Diseño

Fig.3.1	Dibujo esquemático idea 1.	13
Fig.3.2	Dibujo esquemático idea 2.	14
Fig.3.3	Dibujo esquemático idea 3.	15
Fig.3.4	Dibujo esquemático idea 4.	16
Fig.3.5	Dibujo esquemático idea A.	17
Fig.3.6	Dibujo esquemático idea B.	18
Fig. 4.1	Dibujo Esquemático	32
Fig. 4.2	Distribución Cargas perfil IPN	34
Fig. 4.3	Distribución Cargas perfil UPL	35
Fig. 4.4	Distribución Cargas perfil principal Perfimet R.30 D	42
Fig. 4.5	Distribución Cargas perfil secundario con dos apoyos Perfimet R.30 D	44
Fig. 4.6	Distribución Cargas perfil secundario con tres apoyos Perfimet R.30 D	46
Fig. 4.7	Distribución Cargas perfil secundario con tres apoyos y con dos vigas secundarias Perfimet R.30 D	47
Fig. 4.8	Diseño Final	49
Fig. 4.9	Solicitud de carga para los pernos	50
Fig. 4.10	Distribución de los pernos en la barra	50
Fig. 4.11	Distribución de la caja	64
Fig. 4.12	Distribución de la caja Soporte Aéreo	66
Fig. 4.13	Montaje motor viga secundaria	67
Fig. 4.14	Sistemas Telescópico	72
Fig. 4.15	Distribución de la superficie de la cama	73
Fig. 4.16	Perfil de Acero, soporte de la baquelita	74
Fig. 4.17	Distribución de carga para los bordes de acero	75

Fig. 4.18	Tramo 2 y 3 de las camas	77
Fig. 5.1	Bucle o lazo en un sistema automático	78
Fig. 5.2	Organigrama para el estudio y elaboración de un automatismo.	80
Fig. 5.3	Panel de Control	89
Fig.5.4	Diagrama de flujo para el sistema de transporte de la cámara de RX	93

Tabla 3.1	Cuadro comparativo de costos ponderados	20
Tabla 3.2	Cuadro comparativo idea 1	28
Tabla 3.3	Cuadro comparativo idea 2	29
Tabla 3.4	Cuadro comparativo idea 3	30
Tabla 3.5	Cuadro comparativo idea 4	31
Tabla 4.1	Resultados cálculos viga IPN	34
Tabla 4.2	Resultados cálculos viga IPN	35
Tabla 4.3	Cálculo del Momento de Inercia Perfil R.30 D	37
Tabla 4.4	Resultados cálculos viga principal Perfimet R.30 D	42
Tabla 4.5	Resultados cálculos viga secundaria con dos apoyos Perfimet R.30 D	44
Tabla 4.6	Resultados cálculos viga secundaria con tres apoyos Perfimet R.30 D	46
Tabla 4.7	Resultados cálculos viga secundaria con tres apoyos y con dos vigas secundarias Perfimet R.30 D.	47
Tabla 4.8	Características de roscas metálicas de paso fino y de paso basto (todas las dimensiones en milímetros)	52
Tabla 4.9	Tabla de Roscas Métricas	53
Tabla 4.10	Clasificación de Carga	58
Tabla 4.11	Factores de Servicio y Carga para el diseño de cadenas con rodillos	58
Tabla 4.12	Selección del Tipo de Cadena	60
Tabla 4.13	Clasificación en grupos de los Cables para máquinas de	68

	Elevación (Extraída de la DIN 4130)	
Tabla 4.14	Factores de Seguridad ν y Coeficientes k y c . (Extraída de la DIN 4130)	69
Tabla 4.15	Tabla de Cables normalizados Alma de Acero	69
Tabla 4.16	Valores de β y α	76
Tabla 5.1	Opciones Tecnológicas	81
Tabla 5.2	Descripción de las señales necesarias para el PLC	91

Cid Prieto. Gabriela

Vegas G. Armando J.

**DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATICO PARA EL
DESPLAZAMIENTO DE LA CÁMARA DE RAYOS X DENTRO DE LA
UNIDAD DE EMERGENCIAS DEL HOSPITAL CLÍNICO
UNIVERSITARIO**

**Tutor Académico: Prof. Ing. Pedro Lecue, Tesis. Caracas, U.C.V.
Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Mecánica. Año 2003, 100 p.**

Palabras Claves: Sistemas de Transporte, Rayos X, Diseño, Automatización

El Banco Mundial aprobó un presupuesto para el desarrollo de diferentes proyectos en el Hospital Clínico Universitario de Caracas. La Sala de Hospitalización aprovechando dicha oportunidad y en busca de un sistema que permitiese el traslado de la cámara de Rayos X por la Sala de Hospitalización de Emergencia, de tal modo que no sea manipulado por el personal residente en la misma. Evaluando una serie de alternativas, se desarrolló un diseño que permite desplazar la cámara de Rayos X, ubicándola encima de cada cama. El sistema consiste de tres vigas principales, por las que se trasladan transversalmente dos vigas secundaria, y que a su vez trasladan el generador y el sistema de elevación de la cámara. Para que la disponibilidad del Equipo de Rayos X sea más eficiente, y tratando de reducir al mínimo el contacto hombre-maquina se dispone de un PLC, el cual controla el desplazamiento de la cámara y permite colocarla sobre cualquier cama que demande su uso.

CAPITULO I
INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción.

En la Unidad de Emergencia del Hospital Clínico Universitario, los pacientes son recibidos en la sala de choque (entrada de emergencia), para ser trasladados al área de triaje, en donde se verifica el estado físico de los mismos. Todo paciente que amerite hospitalización, sea cual sea la causa debe ser colocado en una camilla y aquellos que necesiten ventilación forzada (porque no respiran por si mismos) y/o requieran ser observados (bien sea por causas muy severas o porque no se tengan claras las mismas), son llevados a la Sala de Hospitalización, llamada también Sala de Observación. Es decir, los pacientes que se encuentren en esta sala, son pacientes en estado crítico.

Teóricamente un paciente crítico no debe moverse, su movilización complicaría su estado. Además esto implicaría mover ventiladores, monitores, y todos aquellos equipos a los que esté conectado.

Durante el proceso de observación del paciente, se hace necesario tomarle placas radiográficas, con el fin de que el doctor evalúe su situación. Para ello, la Sala de Observaciones posee un equipo radiográfico móvil, pero se encuentra dañado. Este equipo era trasladado en forma manual de cama en cama para tomar las radiografías, ocupando una parte importante de la sala y obstaculizando a su vez el paso del personal. Sin embargo, las necesidades de la sala han sido solventadas con un equipo prestado por la Unidad de Radiología, similar al equipo que esta dañado

Por otra parte, es importante señalar que el Banco Mundial prometió un presupuesto para el rediseño del Hospital Clínico de Caracas, el cual, claro esta, incluye a la Unidad de Emergencia, ofreciendo principalmente un equipo digital que permita facilitar la realización de radiografías, este equipo se coloca fijo en la sala y solo necesita de una cámara de rayos X universal, que realice la toma

sobre una placa especial, la placa muestra en la pantalla del equipo la imagen, comprobando de esta forma el estado del paciente sin tener que revelar dicha placa.

Por estas razones, con la realización de nuestro Trabajo Especial de Grado aspiramos la mejora de los servicios que presta la Unidad de Emergencia, y de esta manera lograr que estos recursos ofrecidos por el Banco Mundial sean usados de la manera más eficiente, adecuada y duradera.

1.2 Antecedentes.

El más simple de todos los aparatos de rayos X es el Fluroscopio Vertical, este aparato se usa en general para la radioscopia del paciente de pie solamente. Aún así, su utilidad reside principalmente en poder examinar el tórax y el abdomen.

El aparato móvil de rayos X es usado para el examen de los enfermos, que no pueden abandonar la cama. Se trata de una unidad completa, que funciona con una potencia relativamente baja, de manera que pueda enchufarse en casi cualquier tomacorriente en el hospital. Los aparatos movibles de rayos X se usan mucho en los casos de pacientes, cuyo estado impide su traslado del lecho hasta la sala de radiología. Por eso están contruidos para poder rodar por medio de corredores,

La instalación más sencilla para rayos X, para prestar servicios en el departamento de rayos X, consta de cinco elementos básicos:

- a. El tubo o lámpara de rayos X
- b. Una columna de soporte para el tubo
- c. Un transformador para la fuente energética

- d. Un gabinete con tablero para controlar los factores de exposición, variables según la densidad y el grosor del cuerpo, cuya radiografía hay que sacar.
- e. Una mesa fija, horizontal, donde descansa el enfermo durante el proceso.

Este tipo de aparatos esta construido exclusivamente para sacar radiografías, y se usa generalmente para casos simples como las extremidades, columna vertebral, pelvis u otras partes fáciles de localizar con el paciente en posición horizontal. En los grandes hospitales hay siempre una o dos salas con este equipo, que es el que lleva el mayor peso de todo en el diario trajín del departamento de rayos X.

También este tipo de equipo puede proveerse de una mesa de combinación, la cual admite inclinaciones oblicuas, lo mismo que las posiciones horizontal y vertical, necesarias para la radiografía con la colocación angular del paciente junto con el tubo o la pantalla; esta clase de operaciones son, por supuesto, imposibles con una mesa horizontal fija.

Para técnicas mas adelantadas y difíciles existen aparatos de combinación de alta potencia, provistos de elementos para cualquier tipo de examen.

1.3 Planteamiento del Problema.

El equipo radiográfico que usa la Sala de Hospitalización, como se dijo anteriormente, se encuentra dañado, debido a que por su volumen obstaculiza el paso, y el personal de la sala al moverlo lo hacen de una manera poco cuidadosa. Causándole desajustes en el equipo, por golpes o por las vibraciones que se producen por los desniveles del piso.

Este tipo de unidades trabaja usando un cristal especial, sobre el cual se aplican los rayos X y que luego es llevado a la sala de revelado, siendo así la única forma posible de observar el resultado de la placa. Este hecho conlleva a que todas las placas realizadas tengan que ser reveladas. Siendo aproximadamente un 40% de estas placas normales, es decir, son innecesarias para el tratamiento del paciente y del 60% restante, el 10 % son placas de mala calidad, lo que implica la necesidad de repetirlas.

El equipo digital ofrecido por el Banco Mundial, muestra la posibilidad de eliminar esos porcentajes de placas normales y de mala calidad (un ahorro del 50% en placas), que se traducirían en el mejoramiento del servicio de emergencias, así como también en la disminución de costos operacionales del hospital, pero estos beneficios pudiesen ser mayores si se logra incrementar la vida útil de los equipos que se encuentran en la sala.

Es por ello que surge la necesidad de realizar un montaje de un sistema mecánico que permita trasladar la cámara de rayos X por todas las camas de la sala, y que al mismo tiempo no obstaculice el movimiento del personal que allí se encuentre.

CAPITULO II
RESEÑA HISTÓRICA

2.1 Reseña Histórica de La Unidad de Emergencia del Hospital Clínico Universitario

Cuando el Hospital Universitario fue proyectado y creado, no se dotó de un apropiado Servicio de Emergencia, argumentándose que al tratarse de un Hospital básicamente para docencia e investigación, y por consiguiente, de referencia, no recibiría enfermos en condiciones urgentes. Así, únicamente se dispuso de una pequeña área en la Planta Baja, que se denominó “Triage”, la cual estaba atendida por médicos Internos Rotatorios y destinada únicamente a servir de Orientación Diagnostico para los pacientes que acudían al Instituto, refiriéndolos a las respectivas Consultas Externas, o a las Salas de Hospitalización, de ser necesario. Los médicos que allí laboraban lo hacían únicamente durante sus guardias y carecían de una adecuada estructura de coordinación, asesoramiento y enseñanza.

Muy pronto se aprecio el grave error conceptual de lo anterior, ya que los pacientes en condiciones de urgencia se hicieron cada vez mas frecuentes en la consulta de esa Sección de Triage. Evidentemente que en la comunidad, cuando alguien requiere atención de urgencia, acude al hospital más cercano, en la creencia que todo hospital está en capacidad de atender urgencias médicas; otros factores que incrementan tal tipo de consultas fueron: el crecimiento poblacional, o acompañado de un aumento proporcional en las camas hospitalarias, así como la deficiente atención de emergencia en el área metropolitana, el incremento de los accidentes, y otros.

Esta situación creó una gran presión sobre la Institución y en los médicos que debían enfrentar tales consultas, con escasos recursos de conocimientos (recién graduados por lo general), de dotación y supervisión.

Un primer intento organizativo se hizo en el año 1969-70, cuando se nombro Coordinador de la Sección al doctor Carlos Rodríguez Duarte, médico urólogo, quien regularizó las rotaciones del Internado Médico por la Sección de Triage, estableció relaciones con otros servicios, asesoró y supervisó a los médicos y canalizó sus reclamos ante la Dirección y otros Servicios. Asimismo, logró contratar ocho médicos (Internos) para laborar exclusivamente en Triage, quienes se agregaron al personal de Médicos Internos Rotatorios, lográndose una mejor capacidad para manejar un mayor volumen de pacientes, no así para resolver los casos más graves, ya que la estructura asistencial continuó siendo esencialmente la misma y sin incorporación a la docencia.

En virtud del bajo rendimiento asistencial y de las dificultades que existían para extender a esa área hospitalaria el trabajo docente-asistencial, indispensable en la formación médica de pre y postgrado, se hizo inaplazable en los primeros meses del año 1973, la reorganización funcional y la remodelación estructural de la Sección de Triage del Hospital Universitario.

En el mes de marzo del año de 1973, el Consejo Directivo presidido por el doctor Antonio Parra León, previo concurso de credenciales, nombró al doctor Eugenio Cavallín como Médico Jefe del recién creado Servicio de Triage y Emergencia, siendo el doctor Cavallín un médico Internista, con especialización en Medicina Crítica, quien venía de laborar en los últimos cinco años como Médico Especialista Adjunto en la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital Universitario, Unidad de la que fue cofundador en el año 1968, junto con un grupo médico de otros seis especialistas. Igualmente le encomendó el Consejo Directivo al doctor Cavallín, la coordinación General del Internado Médico, adscrita a la Comisión Técnica.

Durante el año de 1973, en Conjunto con el Departamento de Ingeniería y Mantenimiento del Hospital, se hizo una ampliación estructural del área, lográndose obtener dos consultorios para Orientación Diagnóstica, cuatro cubículos para Consulta de Emergencia, un Pabellón para Cirugía Menor y Curas, una Unidad de Rayos X, una Unidad de Laboratorio, una Sala de Observación con nueve camas, faenas y otros.

El área fue dotada con los recursos indispensables para atender enfermos críticos, como son: facilidades para reanimación cardiorrespiratoria, asistencia ventilatoria mecánica, monitoreo cardíaco, implantación de catéteres, marcapasos otros, drenaje del tórax y otras cavidades, cardioversión, y otras. En el mes de octubre del año 1973, se inaugura oficialmente el nuevo Servicio.

Una vez asumida la conducción del Servicio, el doctor Cavallín inició simultáneamente con los cambios estructurales, la reorganización del personal médico ya auxiliar, la cual se completó en el año 1974, con la incorporación al Servicio como Médicos Especialistas Adjuntos, de los doctores Ibrahim Pazos y Sheinfeld, ambos con seis años de experiencia para ese momento en Medicina Crítica, habiendo sido igualmente cofundadores de la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital Universitario.

Se incrementó el personal de Enfermería auxiliar y se incorporaron dos técnicos Radiólogos, y dos bioanalistas.

Otras mejoras sustanciales fueron la incorporación de los Médicos Residentes del Postgrado de Medicina Interna con funciones de Jefe de Guardia, de cuerpo presente las 24 horas en la Emergencia, asimismo se incorporó un médico Residente del Postgrado de Cirugía General, durante algunos años, así como la rotación por el

servicio de Emergencia de todos los niveles de Internado Médico. Con la creación del Internado Rotatorio de Pregrado, los estudiantes del último nivel de Medicina se asignaron mediante pasantías al trabajo de Emergencia.

Por todo lo anterior, el Servicio adquirió una nueva dimensión asistencial y docente; asistencial en el sentido que ya la atención del enfermo crítico no está limitada por la organización del Servicio de Emergencia, el cual está en capacidad de iniciar la atención de cualquier enfermo, sino más bien por limitaciones propias de los otros Servicios hospitalarios involucrados en la atención de las urgencias médicas; y docente, en el sentido que el Servicio contribuye activamente en la formación de pre y postgrado.

Actualmente el Hospital Clínico Universitario de Caracas, sigue prestando los servicios de emergencia a toda la comunidad, sin embargo, esta en vías de una remodelación tanto estructural como de servicios ofrecidos. En busca de mejoras tecnológicas, de infraestructura y de organización para satisfacer los requerimientos y/o necesidades del personal residente, y de los pacientes de la Unidad de Emergencias.

CAPITULO III
MARCO METODOLÓGICO

3.1 Proceso de Diseño.

El diseño es un proceso cuyo objetivo es transformar los recursos en sistemas o productos para la satisfacción de necesidades de cualquier índole, entendiéndose por recursos, no sólo los materiales utilizados sino también los conocimientos tecnológicos, el dinero, los sistemas ya existentes y el tiempo disponible para ello.

Para realizar un diseño es necesario seguir un procedimiento creativo para obtener así la solución más favorable al problema planteado, para ello se desarrollarán las posibles soluciones utilizando un razonamiento lógico y creativo, sin realizar un detalle exhaustivo de cada uno.

Posteriormente se realizará un estudio de cada posible solución, realizando una comparación entre ellas, tomando en cuenta ciertos parámetros, para así excluir las ideas con poco potencial y elegir la mejor propuesta, la cual será desarrollada y explicada posteriormente.

Para ello hay que tomar en cuenta una serie de restricciones a los que se esta expuesto. En estos tiempos modernos se busca algo más que solo funcionalidad, con lo que se entra en juego la estética, factor que influye determinadamente en la percepción del sistema.

Otro factor importante en estos sistemas es la simplicidad del mismo, esto se logra con un adecuado punto de vista estático. Aquí se puede notar como este factor se suma con la estética.

El espacio físico disponible para la operatividad de la solución definitiva tiene que ser tomado en cuenta, pensando en que el sistema va a estar en contacto con personal de trabajo que está en constante movimiento, por lo que debe evitar ser incomodo para los mismos.

Para la búsqueda de la solución más favorable en el caso planteado, se hará uso de ciertos métodos de diseño, los cuales son descritos a continuación.

3.2 Métodos de diseño:

3.2.1 Mecanismos para la generación de ideas.

La predisposición psicológica es la tendencia que se tiene de seguir los caminos tomados en la mente por experiencias previas. Si se insiste en ver los problemas de la misma forma siempre se llegará al mismo sitio, mientras que si se cambia la forma de verlos o los puntos de entrada, es posible que se llegue a otros sitios, o lo que es lo mismo a otras soluciones. Entre estos mecanismos se destacan los siguientes:

Inversión: Consiste en invertir el problema, es decir, si una pieza se mueve y otra permanece fija, probar lo contrario; si algo encierra otra cosa, invertir la posición; si se ve algo desde afuera, verlo desde adentro si se ve desde arriba, voltearlo.

Analogía: Consiste en buscar analogías al problema enfrentado. Éstas pueden ser: de la naturaleza, de otras áreas de la técnica, de otras ramas de la ciencia, de la literatura, fantásticas, etc. El método puede aplicarse completando la siguiente frase: “El problema que tengo entre mis manos se parece a...”. Naturalmente las analogías más fáciles son las que se refieren a otras máquinas, sin embargo, fuentes inagotables de analogías son la anatomía y la fisiología del ser humano y los animales; por otro lado, las fantásticas son de mucha utilidad, no por ellas mismas, sino porque por asociación de ideas pueden conducir a otros puntos de enfoque al problema.

Empatía: Consiste en identificarse o ponerse en lugar de una pieza o parte del sistema que se está diseñando. La empatía favorece el pensamiento sensorial en general y con un poco de práctica puede llegar a ser un mecanismo poderoso para la generación de nuevas ideas.

3.2.2 Método de la tormenta de ideas (Brainstorming).

Este método fue ideado por Alex Osborn y consiste en reunir un grupo, de cuatro a doce personas, para trabajar sobre un problema de acuerdo a las siguientes reglas:

- No se permiten ninguna evaluación o juicio sobre las ideas, según Osborn de no ser así los participantes estarían más preocupados por defender sus ideas que en buscar nuevas alternativas.
-
-

- Tratar que los participantes generen ideas y expongan en la forma más espontánea posible. De esta manera se logra evitar que las mismas sean enjuiciadas internamente por la persona.
- Debe buscarse cantidad de ideas, porque esto ayudará a evitar evaluarlas internamente y porque cantidad, en este caso, genera calidad.
- Debe promoverse entre los miembros del grupo que construyan sobre (o modifiquen) las ideas de otros. Porque esto generalmente desemboca en ideas superiores a las iniciales.

Es conveniente que las ideas sean apuntadas de alguna manera. Es buena práctica hacerlo en forma perfectamente visible a todos los participantes, por ejemplo en un pizarrón.

En nuestro caso se realizaron una serie ideas con sus respectivos bosquejos, con el objeto de crear un sistema que permita trasladar, elevar y descender la cámara de rayos X modelo DXB-0324CS de la empresa Toshiba., tomando en cuenta que el dispositivo debe ser automatizado de tal manera que exista el menor contacto posible entre el personal y el equipo.

En la elaboración de este proceso fue necesario desarrollar las ideas en 2 partes, La primera parte del desarrollo se contempla todo lo referente al mecanismo de traslación de la cámara y la segunda parte al mecanismo de movimiento vertical del equipo. A continuación se muestra los resultados de la tormenta de ideas.

Parte I: Sistema de traslación

IDEA 1

El sistema consta de una viga principal, ubicada en el centro de la sala, por la cual desliza, un brazo telescópico que soporta en un extremo la cámara de rayos X. La viga principal o riel desplaza al brazo por medio de un carro, simulando el mecanismo empleado por el Trolley eléctrico, es decir un carro que se mueve por medio de un motor. El brazo puede rotar hasta 180 grados, posicionándolo a un lado u otro de la sala y el movimiento de articulación es realizado por medio de un motor acoplado a la misma. El movimiento telescópico se realiza por medio de un sistema neumático. (Fig.3.1)

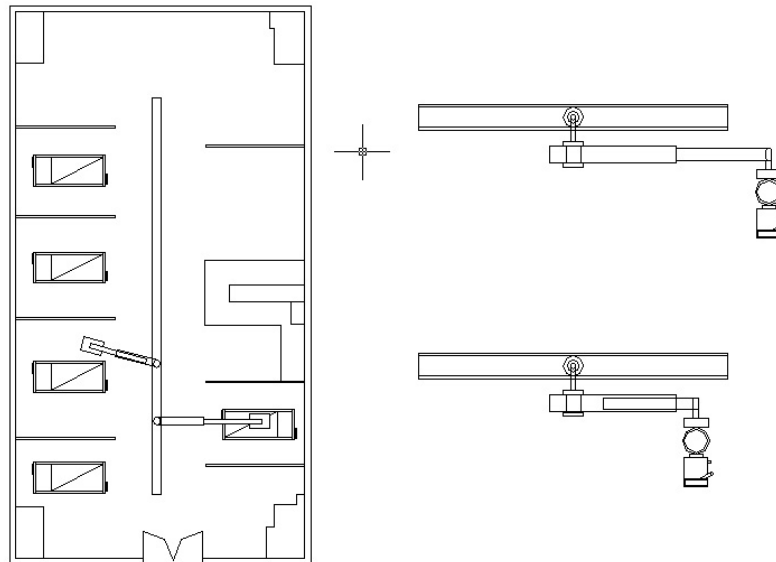


Fig.3.1 Dibujo esquemático idea 1.

IDEA 2

El sistema consta de un riel principal suspendido en el techo el cual recorre con su trayectoria cada uno de los lugares donde se encuentran ubicadas las camas. Por dicho riel desliza un carro motorizado que soportara a una segunda viga perpendicular a la principal. Esta viga secundaria de igual tamaño que las camas de la sala, se posiciona sobre cada una de las camas y a lo largo de estas, permitiendo de esta manera que por medio de un carro igualmente motorizado la cámara de rayos X recorra toda la cama y pueda tomarse radiografías a cualquier zona del cuerpo del paciente. (Fig.3.2)

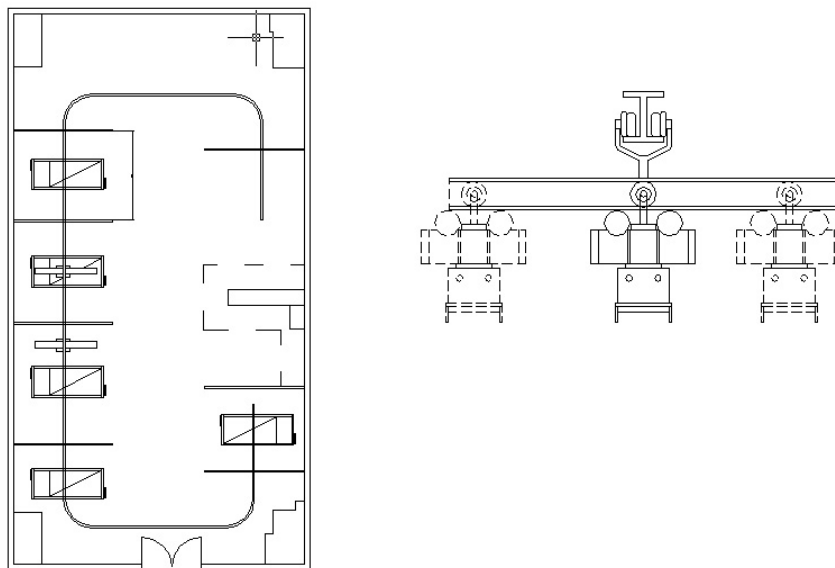


Fig.3.2 Dibujo esquemático idea 2.

IDEA 3

El sistema consiste en una viga principal ubicada en el centro de la sala, la cual desplaza por medio de un carro motorizado, un brazo articulado que posee en un extremo la cámara de rayos X, en el punto de unión entre el carro y el brazo articulado se encuentra un apoyo que permite la rotación de 180 grados, entre los extremos del brazo se encuentran dos (2) articulaciones las cuales permiten el ajuste de la cámara en la posición que se requiere para tomar la radiografía. (Fig.3.3)

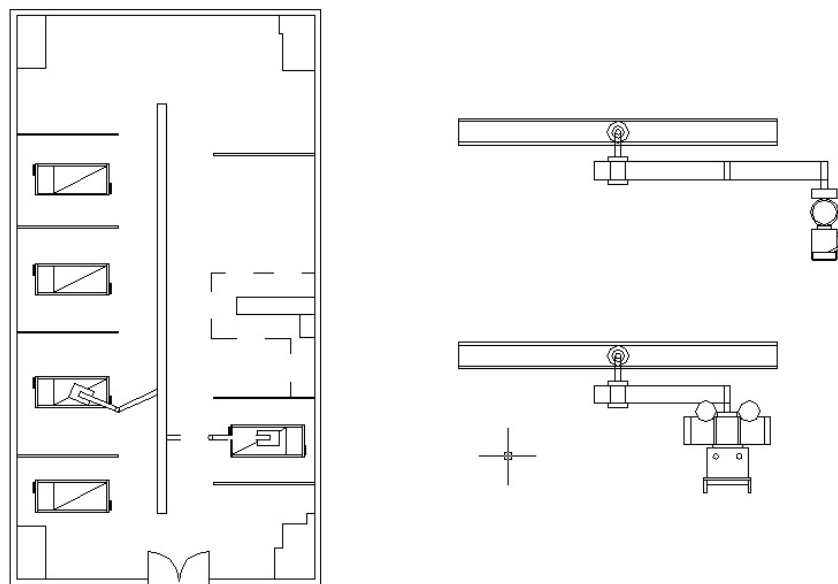


Fig.3.3 Dibujo esquemático idea 3.

IDEA 4

El sistema consta de tres vigas principales que están suspendidas en forma horizontal ubicada a lo largo de la sala y una viga secundaria perpendicular a las principales. La viga secundaria se desplaza por la sala por medio de unos carros que ruedan a través de las vigas principales. Este movimiento se produce por medio de un motor que transmite la potencia a una cadena y la cual por medio de un elemento de unión permite desplazar a la viga secundaria. La cámara se mueve por la segunda viga aplicando el mismo mecanismo de movimiento anteriormente explicado. (Fig.3.4)

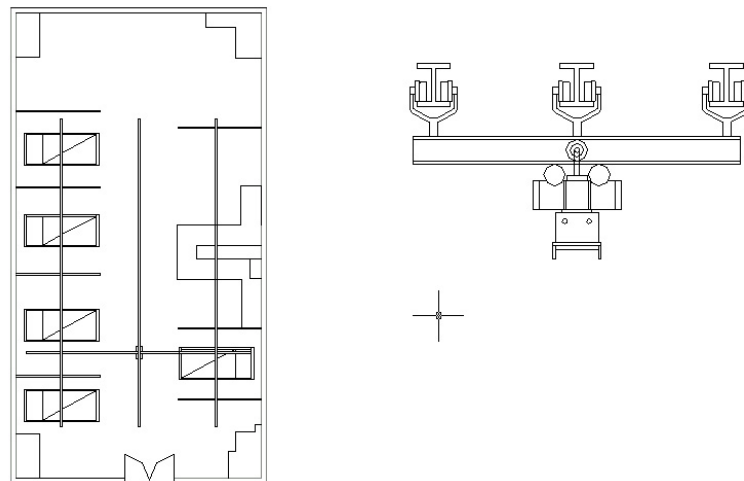


Fig.3.4 Dibujo esquemático idea 4.

Parte II: Sistema de elevación

IDEA A

Este mecanismo consiste en un motor en el cual su eje se encuentra unido al eje de un tambor, en dicho tambor se enrolla un cable metálico que sostiene en un extremo a la cámara de rayos X. Para darle rigidez al cable y evitar que la cámara de rayos X pendule, se coloca el cable en el interior de un dispositivo telescópico que se extenderá o plegará dependiendo de la posición que se requiera la cámara.

(Fig.3.5)

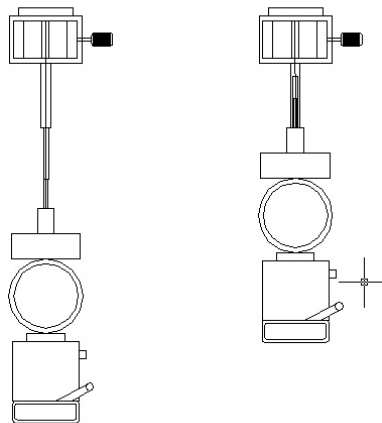


Fig.3.5 Dibujo esquemático idea A.

IDEA B

El sistema esta basado en el principio del funcionamiento que poseen los gatos de tijeras que usan los automóviles, el cual consiste en tornillo sin fin, que enroscado a él se encuentran cuatro (4) barras unidas entre si, y un motor en uno de los extremos del tornillo sin fin, a medida que el motor hace girar el tornillo sin fin, las barras empiezan a desplazarse hacia el centro del tornillo, provocando que en la unión de las barras ocurra un desplazamiento vertical. El equipo de rayos X se ubica en la unión inferior de las barras, lo que permite el movimiento vertical del equipo, y al otro extremo el mecanismo seleccionado para la traslación de la cámara. (Fig.3.6)

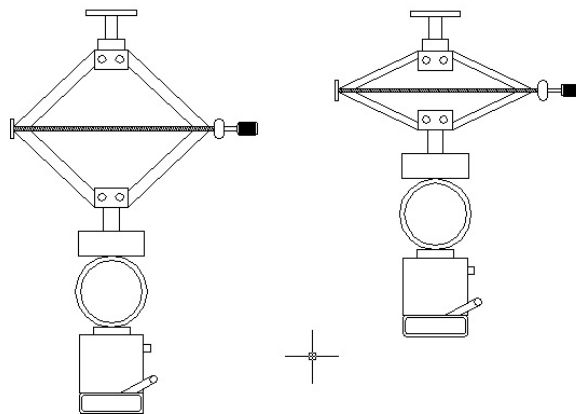


Fig.3.6 Dibujo esquemático idea B.

IDEA C

Esta idea se basa en un principio neumático, es decir, por medio de un sistema de pistón de empuje realiza la apertura de un sistema telescópico, el cual por medio del aire comprimido permite elevar o bajar la cámara.

IDEA D

Esta idea se basa en un principio hidráulico, es decir, por medio de un sistema de pistón de empuje realiza la apertura de un sistema telescópico, el cual trabaja con aceite permitiendo de ésta manera elevar o bajar la cámara.

3.2.3 Estudio Preliminar de Costos

Un análisis inicial comprende una recopilación de costos de los elementos tentativos del sistema, apoyándonos en solicitudes de cotizaciones, en la experiencia adquirida y ayuda de personal calificado en el área.

Debido a que el sistema a diseñar no ha sido se ha elaborado su diseño, sino se encuentra en bosquejos sencillos, es necesario tomar en cuenta aquellos elementos que se consideran más importantes. Estos elementos se evaluarán de acuerdo a una ponderación de costos donde uno (1) significa el elemento menos costoso y diez (10) para el elemento más costoso, de esta forma poder tener una posición bien clara y más objetiva al momento de valorar el sistema en el análisis morfológico de los diseños en cuestión. Los resultados serán expresados a continuación:

Tabla 3.1 Cuadro comparativo de costos ponderados

Elementos por unidad	Ponderación
Sistema de Control	10
Motores Eléctricos	9
Variador de Velocidad	8
Sistema Hidráulico	7
Sistema Neumático	7
Vigas	5
Carros Guías	4
Barras de acero inoxidable	3
Cadenas	2
Articulaciones	3
Apoyos	2
Tornillo sin fin	1
Tambor	1
Guaya o Cable de acero	1
Cables	1
Pernos	1

3.2.4 Método del análisis morfológico.

El método consiste en seleccionar los parámetros más importantes del problema para luego buscar la mayor cantidad de alternativas para cada parámetro.

3.2.4.1 Parámetros de Selección para las Opciones

Los parámetros para la selección para las diferentes opciones son el punto de partida para la elección final del diseño a desarrollar, para ello se deben definir adecuadamente para evitar confusiones el concepto de los mismos y poder ser evaluados. A continuación se presentan los diferentes parámetros tomados en cuenta:

Costos del Mantenimiento Preventivo

Son los costos de un mantenimiento que consiste en programar las intervenciones o cambios de algunos componentes o piezas según intervalos predeterminados (estadísticamente) de tiempo o según eventos regulares (horas de servicio, número de piezas producidas, kilómetros recorridos, vacaciones del personal). Su objetivo es reducir la probabilidad de avería o pérdida de rendimiento ajustes al máximo a la vida útil del elemento intervenido. En ocasiones resulta muy costoso en la medida en que no hay una planificación adecuada y se hacen paradas innecesarias con aumento en el costo de repuesto, mano de obra, cambios de lubricantes, pérdidas de energía.

Costos de Mantenimiento Correctivo

Costo de mantenimiento adecuado efectuado a una máquina o instalación cuando la avería ya se ha producido, para restablecer a su estado operativo habitual de servicio.

Costos de Mantenimiento Predictivo

Se basan en el conocimiento del estado o condición operativa de una máquina o instalación. La medición de ciertos parámetros (vibración, ruido, temperatura, esfuerzos internos) permitiendo programar la intervención del elemento justo antes de que la falla llegue a producirse, eliminando así la incertidumbre. Existen varias técnicas de mantenimiento predictivo que nos dan información sobre la máquina funcionando como lo son, análisis de vibraciones, termografías, análisis de aceites, ultrasonido (ensayos no destructivos), entre otros.

Frecuencia de mantenimiento

La frecuencia de mantenimiento esta directamente ligada con el tipo de equipo utilizado en alguna máquina, esto nos dice que si tenemos equipos rotativos, se le realizará un mantenimiento según un plan, más frecuente que en una maquinaria con gran parte de equipo estático. Se debe tener en cuenta este tipo de configuraciones a la hora de generar un plan de mantenimiento para el equipo diseñado, es importante saber en ese plan cada cuanto tiempo se debe realizar un mantenimiento.

Facilidad de Mantenimiento

Se debe tomar en cuenta un parámetro importante, el cual es diseñar un equipo basado en la ergonomía y comodidad del personal presente en la Sala, a la hora realizar el mantenimiento pertinente, de manera de no perturbar la labor que se desempeña en la misma.

Eficiencia del sistema de Elevación y Estructura

La eficiencia será tomada según el sistema sea capaz de elevar y descender la cámara de rayos X. Otro punto importante e la eficiencia será la estabilidad que se presente en el diseño final ya en funcionamiento. Además es importante tomar en cuenta el ruido generado en el sistema.

Eficiencia del Sistema de Agarre y de Transporte

Este punto se refiera a la facilidad del sistema de sujeción de manera de evitar un deslizamiento o desprendimiento de la cámara de Rayos X, además involucra la manera más eficaz para desplazar dicha cámara.

Costos del Sistema de Elevación y Estructura

Son los costos referentes a los equipos mecánicos, eléctricos, neumáticos o hidráulicos requeridos para la funcionabilidad del sistema, así como también aquellos elementos estáticos que forman parte de la estructura como son las vigas.

Costos del Sistema de Agarre y Transporte

Son aquellos costos que incluye a todos los elementos mecánicos, eléctricos, neumáticos o hidráulicos, que permiten el traslado y ajuste de la cámara.

Seguridad

La seguridad del sistema esta enfocado en evitar una falla cuando éste se encuentra en funcionamiento. Esta seguridad implica que todo lo cercano al sistema no debe estar en riesgo, lo que involucra al personal como a los equipos adyacentes. Además la seguridad comprende evitar accidentes, tomando en cuenta el contacto entre sistema y el personal operativo.

Ergonomía

La ergonomía se encarga de optimizar los sistemas hombre-máquina buscando la adaptación de la máquina al hombre, preservando a este en su salud. Este aspecto supone la facilidad de desplazamiento de los trabajadores al momento en que la máquina se encuentre tanto en funcionamiento o inoperante.

Estética

La estética representa la parte visible, es decir que tan armónico es a la vista el diseño a desarrollar y si compagina con todos los elementos que se encuentran en la Sala de Emergencia, buscando elementos discretos y no llamativos.

Facilidad de la adquisición de los componentes (Procura)

En el momento de la realización del diseño se debe considerar los elementos que van a constituir dicho sistema o máquina debido a que los elementos seleccionados deben ser comercialmente accesibles, para no elevar el costo de construcción al tener que adquirir los elementos en otra país.

Versatilidad

Representa cuan adaptable a cambios a futuro en el proceso es un sistema y cuan moldeable es el mismo.

Innovación

Se refiere en la aplicación de una idea. Implica alterar las cosas introduciendo novedades, aspecto importante al momento de desarrollar cualquier diseño. La innovación representa cuan diferente a lo estándar es un proyecto.

3.2.4.2 Matriz Morfológica

Para realizar el diseño se han tomado en consideración distintas propuestas o ideas. El sistema dividido en sus dos partes principales , sistemas de elevación y sistema de transporte, generando ideas independientes. Las ideas tomadas fueron cuatro ideas del sistema de transporte, así como también cuatro idea del sistema de elevación, evitando en lo posible la generación de ideas análogas o muy parecidas. Ya filtrando las ideas propuestas para este diseño se obtuvo un total de dieciséis (16) combinaciones de soluciones. Estas propuestas son estudiadas basándonos en los parámetros seleccionados ponderando con un porcentaje la importancia otorgada al parámetro en este diseño y evaluando con una escala del 1 al 10 cada una de las dieciséis ideas seleccionada.

3.3 Estudio de la factibilidad

Consiste el estudio de diseños o proyectos para verificar la conveniencia de ser llevados o no a la práctica. En el estudio de la factibilidad se deben considerar los siguientes aspectos:

3.3.1 Factibilidad Técnica:

- a. El sistema no contraviene ninguna ley de la ciencia (Leyes de Newton, Leyes de la termodinámica, principio de la conservación de la energía, etc.)
- b. No hay incompatibilidad entre los componentes del sistema (por ejemplo, la presencia de motores eléctricos, puede influir negativamente en sistemas de control electrónicos)
- c. Los componentes del sistema existen y no están por inventarse o desarrollarse.

3.3.2 Factibilidad Económica:

- a. Las piezas y componentes pueden ser fabricados a niveles competitivos.
- b. Las materias primas y los componentes se consiguen con facilidad sin peligros de suspensión del suministro.
- c. Las características, precios y costos del sistemas lo hacen competitivos con otros similares en el mercado.

Como consecuencia del estudio de factibilidad deberá decidirse si debe continua o no con el proyecto. En caso que se decidiese suspender el proyecto deberá asentarse la causa de tal decisión porque es frecuente que un proyecto no

factible en un momento dado, pueda serlo si se supera una dificultad tecnológica o se produce un cambio en la realidad económica.

Se recomienda que este estudio se realice por personas ajenas al proyecto, ya que es actitud natural del ser humano tratar de defender lo que ha hecho, por lo que se corre el peligro de que si el estudio de factibilidad fuese realizado por los propios proyectistas están tratarían de sobre evaluar las bondades y disminuir los defectos del proyecto, así mismo personas ajenas pueden ver el proyecto con una óptica diferente y observar nuevas implicaciones positivas o negativas.

Tabla 3.2 Cuadro comparativo idea 1

Parámetro	%		1A		1B		1C		1D	
Costo de Mantenimiento Preventivo	10	2,5	7	0,175	7	0,175	6	0,15	6	0,15
Costo de Mantenimiento Correctivo		2,5	7	0,175	7	0,175	6	0,15	6	0,15
Costo de Mantenimiento Predictivo		2	6	0,12	6	0,12	4	0,08	4	0,08
Frecuencia de Mantenimiento		1	5	0,05	5	0,05	4	0,04	3	0,03
Facilidad de Mantenimiento		2	5	0,1	4	0,08	4	0,08	4	0,08
Eficiencia del sistema de Elevación y Estructura	20	10	8	0,8	7	0,7	6	0,6	6	0,6
Eficiencia del sistema de Transporte		10	5	0,5	5	0,5	5	0,5	5	0,5
Costos del sistema de Elevación y Estructura	10	5	6	0,3	7	0,35	7	0,35	7	0,35
Costos del sistema de transporte		5	8	0,4	8	0,4	7	0,35	7	0,35
Seguridad	20		6	1,2	6	1,2	7	1,4	6	1,2
Ergonomía	5		6	0,3	6	0,3	6	0,3	6	0,3
Estética	15		7	1,05	3	0,45	7	1,05	7	1,05
Facilidad de adquisición de los componentes	10		6	0,6	6	0,6	6	0,6	6	0,6
Versatilidad	5		7	0,35	7	0,35	7	0,35	7	0,35
Innovación	5		8	0,4	8	0,4	8	0,4	8	0,4
Total				6,52		5,85		6,40		6,19

Tabla 3.3 Cuadro comparativo idea 2

Parámetro	%		2A		2B		2C		2D	
Costo de Mantenimiento Preventivo	10	2,5	7	0,175	7	0,175	6	0,15	6	0,15
Costo de Mantenimiento Correctivo		2,5	7	0,175	7	0,175	6	0,15	6	0,15
Costo de Mantenimiento Predictivo		2	6	0,12	6	0,12	4	0,08	4	0,08
Frecuencia de Mantenimiento		1	5	0,05	5	0,05	4	0,04	3	0,03
Facilidad de Mantenimiento		2	5	0,1	4	0,08	4	0,08	4	0,08
Eficiencia del sistema de Elevación y Estructura	20	10	7	0,7	6	0,6	6	0,6	6	0,6
Eficiencia del sistema de Transporte		10	5	0,5	5	0,5	5	0,5	5	0,5
Costos del sistema de Elevación y Estructura	10	5	4	0,2	5	0,25	5	0,25	5	0,25
Costos del sistema de transporte		5	8	0,4	8	0,4	7	0,35	7	0,35
Seguridad	20		6	1,2	6	1,2	7	1,4	6	1,2
Ergonomía	5		6	0,3	6	0,3	6	0,3	6	0,3
Estética	15		6	0,9	4	0,6	8	1,2	8	1,2
Facilidad de adquisición de los componentes	10		5	0,5	5	0,5	5	0,5	5	0,5
Versatilidad	5		5	0,25	5	0,25	5	0,25	5	0,25
Innovación	5		8	0,4	8	0,4	8	0,4	8	0,4
Total			5,97		5,60		6,25		6,04	

Tabla 3.4 Cuadro comparativo idea 3

Parámetro	%	3A		3B		3C		3D		
Costo de Mantenimiento Preventivo	10	2,5	6	0,15	6	0,15	5	0,125	5	0,125
Costo de Mantenimiento Correctivo		2,5	6	0,15	6	0,15	5	0,125	5	0,125
Costo de Mantenimiento Predictivo		2	6	0,12	6	0,12	4	0,08	4	0,08
Frecuencia de Mantenimiento		1	5	0,05	5	0,05	4	0,04	3	0,03
Facilidad de Mantenimiento		2	5	0,1	4	0,08	4	0,08	4	0,08
Eficiencia del sistema de Elevación y Estructura	20	10	7	0,7	6	0,6	6	0,6	6	0,6
Eficiencia del sistema de Transporte		10	4	0,4	4	0,4	4	0,4	4	0,4
Costos del sistema de Elevación y Estructura	10	5	4	0,2	5	0,25	5	0,25	5	0,25
Costos del sistema de transporte		5	8	0,4	8	0,4	7	0,35	7	0,35
Seguridad	20	6	1,2	6	1,2	7	1,4	6	1,2	
Ergonomía	5	6	0,3	6	0,3	6	0,3	6	0,3	
Estética	15	6	0,9	4	0,6	8	1,2	8	1,2	
Facilidad de adquisición de los componentes	10	5	0,5	5	0,5	5	0,5	5	0,5	
Versatilidad	5	5	0,25	5	0,25	5	0,25	5	0,25	
Innovación	5	8	0,4	8	0,4	8	0,4	8	0,4	
Total		5.82		5.45		6.10		5.89		

Tabla 3.5 Cuadro comparativo idea 4

Parámetro	%		4A		4B		4C		4D	
Costo de Mantenimiento Preventivo	10	2,5	7	0,175	7	0,175	6	0,15	6	0,15
Costo de Mantenimiento Correctivo		2,5	7	0,175	7	0,175	6	0,15	6	0,15
Costo de Mantenimiento Predictivo		2	6	0,12	6	0,12	5	0,1	5	0,1
Frecuencia de Mantenimiento		1	6	0,06	6	0,06	5	0,05	4	0,04
Facilidad de Mantenimiento		2	6	0,12	5	0,1	5	0,1	5	0,1
Eficiencia del sistema de Elevación y Estructura	20	10	8	0,8	7	0,7	7	0,7	7	0,7
Eficiencia del sistema de Transporte		10	8	0,8	8	0,8	8	0,8	8	0,8
Costos del sistema de Elevación y Estructura	10	5	7	0,35	7	0,35	7	0,35	6	0,3
Costos del sistema de transporte		5	7	0,35	8	0,4	8	0,4	8	0,4
Seguridad	20		8	1,6	6	1,2	7	1,4	6	1,2
Ergonomía	5		6	0,3	6	0,3	6	0,3	6	0,3
Estética	15		7	1,05	4	0,6	8	1,2	8	1,2
Facilidad de adquisición de los componentes	10		5	0,5	5	0,5	5	0,5	5	0,5
Versatilidad	5		5	0,25	5	0,25	5	0,25	5	0,25
Innovación	5		8	0,4	8	0,4	8	0,4	8	0,4
Total				7,05		6,13		6,85		6,59

CAPITULO IV
TEORÍAS FUNDAMENTALES,
CALCULOS Y DISEÑO

En el capítulo anterior el sistema se dividió en dos secciones principales, mecanismo de transporte y mecanismo de elevación, para la realización de los cálculos se trabajará de la misma manera. Es por ello que a continuación se presentará los diferentes estudios y cálculos para la elaboración del diseño final, el cual se representa en la Fig.4.1.

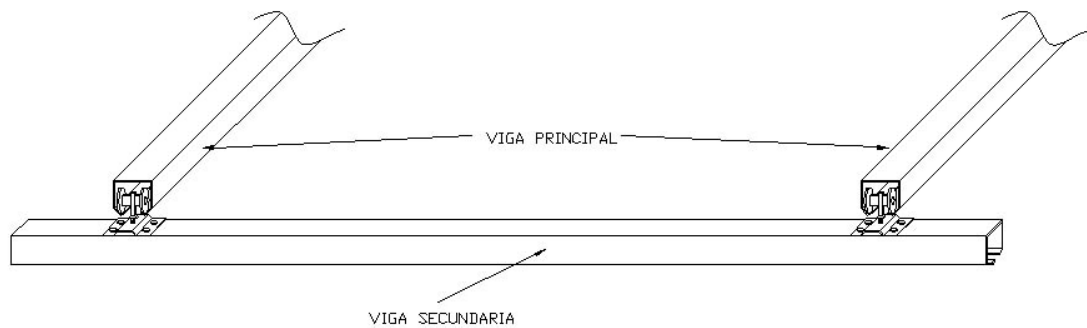


Fig. 4.1 Dibujo Esquemático

Para la realización del diseño es necesario saber las dimensiones de la Sala de Emergencia del Hospital Clínico Universitario de Caracas, se recomienda ver los anexos A.1

4.1 Sistema de Transporte

4.1.1 Selección de Viga

Para el sistema de transporte, es necesario la escogencia de un perfil, de tal manera que permita cumplir con los requerimientos: de diseño y estética. Refiriéndonos al parámetro de diseño, que cumpla con los criterios de rigidez y para la estética que el sistema sea lo menos ostentoso posible. Para ello, se calculo la deflexión permisible en la viga principal basándonos en el siguiente criterio:

$$\delta_{perm} = \frac{L}{800} = \frac{11150mm}{800} = 13,93mm \quad (4.1)$$

Donde la longitud L fue tomada del anexo A.1 realizado de la Sala de Emergencia.

Por medio del Software MD Solids introducimos los datos de Longitud, Modulo de Rigidez del Material, el Peso de la viga , el Momento de Inercia y la carga que ha de soportar la viga primaria, estimando dicha carga como la sumatoria del peso del equipo y todos los elementos mecánicos necesarios, de aproximadamente 200 Kg.

A continuación se presentan los cálculos realizados para las vigas principales:

El primer cálculo se hizo para un Perfil IPN (Proveedores Sidetur):

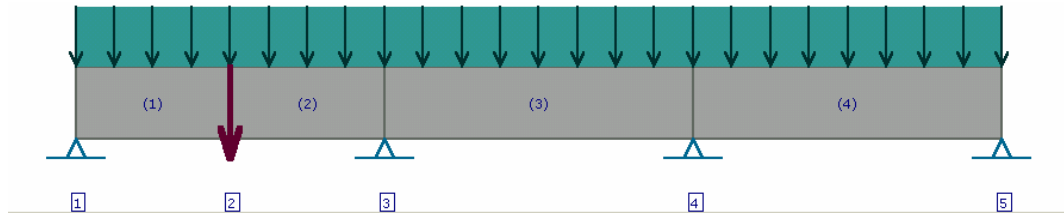


Fig. 4.2 Distribución Cargas perfil IPN

Tabla 4.1 Resultados cálculos viga IPN

Datos

Número Elemento	Longitud [m]	Momento de Inercia [mm ⁴]	Modulo de Elasticidad [GPa]	Distancia de carga al inicio del nodo [N/m]	Distancia de carga al final del nodo [N/m]
1	1.858	784,000.00	199,95	-68.02	-68.02
2	1.858	784,000.00	199,95	-68.02	-68.02
3	3.716	784,000.00	199,95	-68.02	-68.02
4	3.716	784,000.00	199,95	-68.02	-68.02

Nodo Número	Concentración de Fuerza [KN]	Concentración de momento [N.m]	Deflexión específica [mm]	Grado de Inclinación [grado]
1	0	0	0	-
2	-0.981	0		
3	0	0	0	-
4	0	0	0	-
5	0	0	0	-

Resultados

Reacciones de la viga

Nodo	Fuerza Vertical [KN]	Momento [N.m]
1	0.4935	0
3	0.9893	0
4	0.1309	0
5	0.1256	0

Adicionales

	Fuerza Cortante [KN]	Longitud X [m]	Momento [N.m]	Longitud X [m]
Máx.	0.4935	0	799.5241	1.858
Mín.	-0.7403	3.716	-458.4661	3.716
	Inclinación [grado]	Longitud X [m]	Deflexión [mm]	Longitud X [m]
Máx.	0.208	3.078	1.5796	5.093
Mín.	-0.2588	0	-5.2635	1.7673

Luego se hizo el estudio para un Perfil UPL (Proveedores Sidetur):

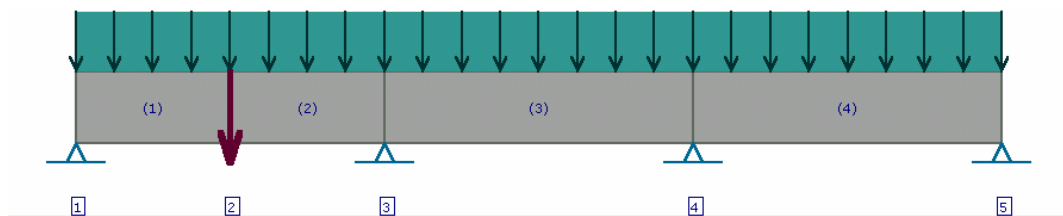


Fig. 4.3 Distribución Cargas perfil UPL

Tabla 4.2 Resultados cálculos viga IPN

Datos

Número Elemento	Longitud [m]	Momento de Inercia [mm ⁴]	Modulo de Elasticidad [GPa]	Distancia de carga al inicio del nodo [N/m]	Distancia de carga al final del nodo [N/m]
1	1.858	744,000.00	199,95	-67.79	-67.79
2	1.858	744,000.00	199,95	-67.79	-67.79
3	3.716	744,000.00	199,95	-67.79	-67.79
4	3.716	744,000.00	199,95	-67.79	-67.79

Nodo Número	Concentración de Fuerza [KN]	Concentración de momento [N.m]	Deflexión específica [mm]	Grado de Inclinación [grado]
1	0	0	0	-
2	-0.981	0		
3	0	0	0	-
4	0	0	0	-
5	0	0	0	-

Resultados

Reacciones de la viga

Nodo	Fuerza Vertical [KN]	Momento [N.m]
1	0.4932	0
3	0.9883	0
4	0.1300	0
5	0.1253	0

Adicionales

	Fuerza Cortante [KN]	Longitud X [m]	Momento [N.m]	Longitud X [m]
Máx.	0.4932	0	799.2879	1.858
Mín.	-0.7397	3.716	-458.1512	3.716
	Inclinación [grado]	Longitud X [m]	Deflexión [mm]	Longitud X [m]
Máx.	0.2191	3.078	1.6647	5.093
Mín.	-0.2726	0	-5.5445	1.7673

Por último se estudio un Perfil Laminado R.30 D (Proveedores Perfimet), pero fue necesario realizar unos cálculos previos para determinar el Momento de Inercia y así poder emplear el Software.

Momento de Inercia Perfil R.30 D

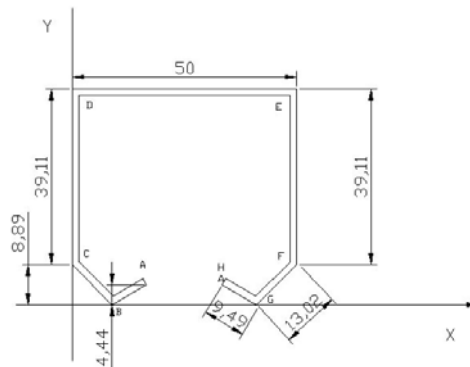
Primero realizamos el cálculo del centroide por medio de la siguiente tabla:

Tabla4.3 Cálculo del Momento de Inercia Perfil R.30 D

Segmento	L[mm]	$\bar{x}$ [mm]	$\bar{y}$ [mm]	$\bar{x} \cdot L$ [mm]	$\bar{y} \cdot L$ [mm]
ab	9,490	12,740	2,220	120,900	21,067
bc	13,020	4,445	4,445	57,870	57,873
cd	39,110	0,000	28,445	0,000	1112,480
de	0,000	25,000	48,000	1250,000	2400,000
ef	39,110	50,000	28,445	1955,500	1112,480
fg	13,020	45,340	4,445	590,320	57,873
gh	9,490	37,260	2,222	353,590	21,067
Σ	173,24	174,78	4358,20	4328,18	4782,85

$$\bar{x} = 25mm$$

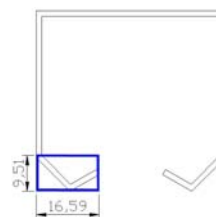
$$\bar{y} = 27,60mm$$



Rectángulo A:

$$I_x = \frac{1}{3} b \cdot h^3$$

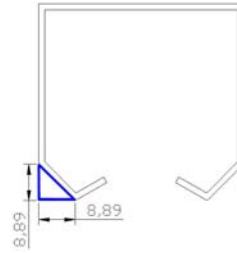
$$I_x = \frac{1}{3} (16,59)(9,51)^3 = 4756,27mm^4$$



Triangulo 1

$$I_x = \frac{1}{12} b \cdot h^3$$

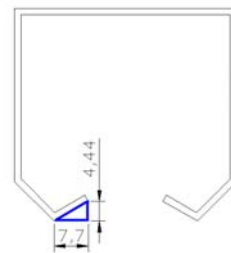
$$I_x = \frac{1}{12} (8,89)(8,89)^3 = 520,3mm^4$$



Triangulo 2

$$I_x = \frac{1}{12} b \cdot h^3$$

$$I_x = \frac{1}{12} (7,7)(4,44)^3 = 56,16mm^4$$



Triangulo 3

$$Area = b \cdot h / 2$$

$$Area = \frac{10,61 \cdot 3,89}{2} = 20,617mm^2$$

$$I_{\Delta\Delta'} = \frac{1}{12} b \cdot h^3$$

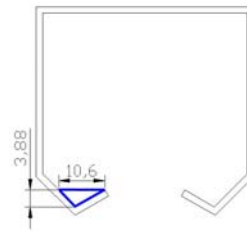
$$I_{\Delta\Delta'} = \frac{1}{12} (10,6)(3,89)^3 = 51,99mm^4$$

$$I_{\Delta\Delta'} = \bar{I}_{x'} + Area \cdot a^2$$

$$51,99 = \bar{I}_{x'} + 20,61 \left(\frac{3,89}{3} \right)^2 \Rightarrow \bar{I}_{x'} = 17,33mm^4$$

$$I_x = \bar{I}_{x'} + Area \cdot b^2$$

$$I_x = 17,33 + 20,617(4,52)^2 = 439,16mm^4$$



Triángulo 4

$$Area = b.h / 2$$

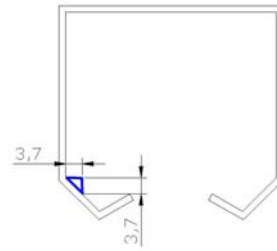
$$Area = \frac{3,69 * 3,69}{2} = 6,8mm^2$$

$$I_{\Delta\Delta'} = \bar{I}_{x'} + Area * a^2$$

$$15,44 = \bar{I}_{x'} + 6,80 \left(\frac{3,69}{3} \right)^2 \Rightarrow \bar{I}_{x'} = 5,15mm^4$$

$$I_x = \bar{I}_{x'} + Area * b^2$$

$$I_x = 5,15 + 6,80(8,28)^2 = 471,34mm^4$$



Rectángulo 5

$$Area = b.h$$

$$Area = 11,39 * 3,7 = 42,143mm^2$$

$$I_{\Delta\Delta'} = \frac{1}{3} b.h^3$$

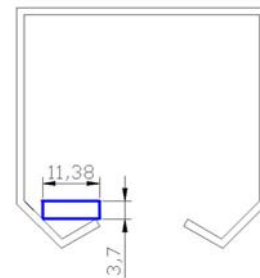
$$I_{\Delta\Delta'} = \frac{1}{3} (11,39)(3,7)^3 = 192,31mm^4$$

$$I_{\Delta\Delta'} = \bar{I}_{x'} + Area * a^2$$

$$192,31 = \bar{I}_{x'} + 42,143 \left(\frac{3,7}{2} \right)^2 \Rightarrow \bar{I}_{x'} = 48,07mm^4$$

$$I_x = \bar{I}_{x'} + Area * b^2$$

$$I_x = 48,07 + 42,143(7,67)^2 = 2527,29mm^4$$



Triangulo 6

$$Area = b.h / 2$$

$$Area = \frac{0,79 * 1,36}{2} = 0,537 mm^2$$

$$I_{\Delta\Delta'} = \frac{1}{12} b.h^3$$

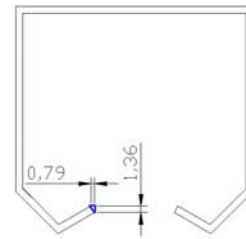
$$I_{\Delta\Delta'} = \frac{1}{12} (0,79)(1,36)^3 = 0,165 mm^4$$

$$I_{\Delta\Delta'} = \bar{I}_{x'} + Area * a^2$$

$$0,165 = \bar{I}_{x'} + 0,537 \left(\frac{1,36}{3} \right)^2 \Rightarrow \bar{I}_{x'} = 0,054 mm^4$$

$$I_x = \bar{I}_{x'} + Area * b^2$$

$$I_x = 0,054 + 0,537(5,36)^2 = 15,520 mm^4$$



Luego haciendo la suma algebraica de los momentos de inercia tenemos:

$$\mu_{I_\alpha} = 4756,27 - (520,3 + 56,16 + 439,16 + 471,34 + 2527,29 + 15,520)$$

$$\mu_{I_\alpha} = 4756,27 - 4029,77$$

$$\mu_{I_\alpha} = 726,5 mm^4$$

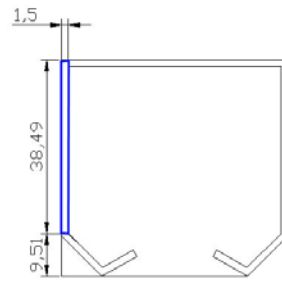
Barra Vertical

$$Area = b.h$$

$$Area = 1,5 * 38,49 = 57,735 mm^2$$

$$I_{\Delta\Delta'} = \frac{1}{3} b.h^3$$

$$I_{\Delta\Delta'} = \frac{1}{3} (1,5)(38,49)^3 = 28511 mm^4$$



$$I_{\Delta\Delta'} = \bar{I}_{x'} + Area * a^2$$

$$28511 = \bar{I}_{x'} + 57,735 \left(\frac{38,49}{2} \right)^2 \Rightarrow \bar{I}_{x'} = 7261,01 mm^4$$

$$I_x = \bar{I}_{x'} + Area * b^2$$

$$I_x = \mu_{I_\beta} = 7261,01 + 57,735 (28,755)^2 = 54999,19 mm^4$$

Barra Horizontal

$$Area = b.h$$

$$Area = 50 * 1,5 = 75 mm^2$$

$$I_{\Delta\Delta'} = \frac{1}{3} b.h^3$$

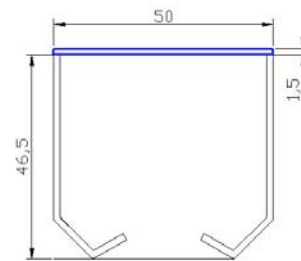
$$I_{\Delta\Delta'} = \frac{1}{3} (50)(1,5)^3 = 56,25 mm^4$$

$$I_{\Delta\Delta'} = \bar{I}_{x'} + Area * a^2$$

$$56,25 = \bar{I}_{x'} + 75 \left(\frac{1,5}{2} \right)^2 \Rightarrow \bar{I}_{x'} = 14,06 mm^4$$

$$I_x = \bar{I}_{x'} + Area * b^2$$

$$I_x = \mu_{I_\sigma} = 14,06 + 75 (47,25)^2 = 167456,24 mm^4$$



Luego la sumatoria del total será el valor del momento de inercia con respecto al eje X:

$$I_x = \sum \mu = (726.5) \cdot 2 + 54999.19 \cdot (2) + 167456.24 = 278907.62 mm^4$$

Para obtener el valor del momento de inercia con respecto al centroide tenemos:

$$I_x = I_{centr} + Area \cdot b^2$$

$$278907.62 = I_{centr} + 246.36mm^2 \cdot (27.60)^2$$

Despejando el Momento de Inercia $I_{centr} = 91240.42mm^4$

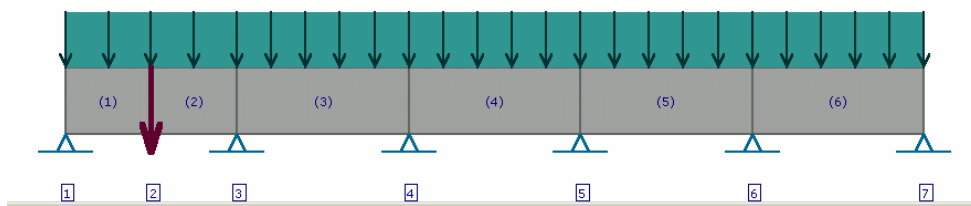


Fig. 4.4 Distribución Cargas perfil principal Perfimet R.30 D

Tabla 4.4 Resultados cálculos viga principal Perfimet R.30 D

Datos

Número Elemento	Longitud [m]	Momento de Inercia [mm ⁴]	Modulo de Elasticidad [GPa]	Distancia de carga al inicio del nodo [N/m]	Distancia de carga al final del nodo [N/m]
1	1.115	91,240.42	199,95	-17.95	-17.95
2	1.115	91,240.42	199,95	-17.95	-17.95
3	2.230	91,240.42	199,95	-17.95	-17.95
4	2.230	91,240.42	199,95	-17.95	-17.95
5	2.230	91,240.42	199,95	-17.95	-17.95
6	2.230	91,240.42	199,95	-17.95	-17.95

Nodo Número	Concentración de Fuerza [KN]	Concentración de momento [N.m]	Deflexión específica [mm]	Grado de Inclinación [grado]
1	0	0	0	-
2	-0.981	0		-
3	0	0	0	-
4	0	0	0	-
5	0	0	0	-
6	0	0	0	-
7	0	0	0	-

Resultados

Reacciones de la viga

Nodo	Fuerza Vertical [KN]	Momento [N.m]
1	0.4077	0
3	0.7593	0
4	-0.1194	0
5	0.08122	0
6	0.03473	0
7	0.01756	0

Adicionales

	Fuerza Cortante [KN]	Longitud X [m]	Momento [N.m]	Longitud X [m]
Máx.	0.4077	0	443.4625	1.115
Mín.	-0.6133	2.23	-229.2059	2.23
	Inclinación [grado]	Longitud X [m]	Deflexión [mm]	Longitud X [m]
Máx.	0.5835	1.8542	2.9138	3.0704
Mín.	-0.7161	0	-8.8636	1.0658

En vista de que los tres perfiles cumplen con el criterio de rigidez, nos basaremos en la estética para seleccionar el Perfil adecuado. De esta manera por sus dimensiones, costos y facilidad de recubrimiento, nuestra escogencia se inclino por el Perfil R.30 D de Perfimet.

Ahora realizamos los cálculos para la viga secundaria, utilizando el perfil seleccionado (Perfil R.30 D de Perfimet). Para ello, se calculo la deflexión permisible en la viga secundaria basándonos en el siguiente criterio:

$$\delta_{perm} = \frac{L}{800} = \frac{565mm}{800} = 7,063mm \quad (4.2)$$

Donde la longitud L fue tomada del anexo A1 realizado de la Sala de Emergencia.

Por medio del Software MD Solids introducimos los datos de Longitud, Modulo de Rigidez del Material, el Peso de la viga , el Momento de Inercia y la carga que ha de soportar la viga secundaria, estimando dicha carga como la sumatoria del peso del equipo y todos los elementos mecánicos necesarios, de aproximadamente 176 Kg.

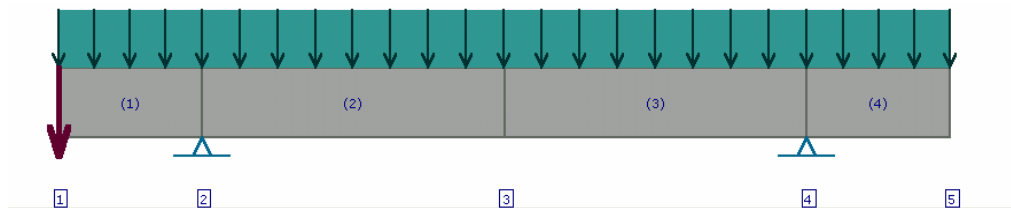


Fig. 4.5 Distribución Cargas perfil secundario con dos apoyos Perfimet R.30 D

Tabla 4.5 Resultados cálculos viga secundaria con dos apoyos Perfimet R.30 D

Datos

Número Elemento	Longitud [m]	Momento de Inercia [mm ⁴]	Modulo de Elasticidad [GPa]	Distancia de carga al inicio del nodo [N/m]	Distancia de carga al final del nodo [N/m]
1	0.900	91,240.42	199,95	-17.95	-17.95
2	1.900	91,240.42	199,95	-17.95	-17.95
3	1.900	91,240.42	199,95	-17.95	-17.95
4	0.900	91,240.42	199,95	-17.95	-17.95

Nodo Número	Concentración de Fuerza [KN]	Concentración de momento [N.m]	Deflexión específica [mm]	Grado de Inclinación [grado]
1	-1,52055	0		-
2	0	0	0	-
3	0	0		-
4	0	0	0	-
5	0	0		-

Resultados

Reacciones de la viga

Nodo	Fuerza Vertical [KN]	Momento [N.m]
2	1.9309	0
4	-0.3099	0

Adicionales

	Fuerza Cortante [KN]	Longitud X [m]	Momento [N.m]	Longitud X [m]
Máx.	0.3942	0.9	0	0
Mín.	-1.5372	0.9	-1376.1698	0.9
	Inclinación [grado]	Longitud X [m]	Deflexión [mm]	Longitud X [m]
Máx.	0.1274	0	67.6158	2.4966
Mín.	-0.04615	5.6	-104.5367	0

En vista de que la viga secundaria no cumple con el criterio de rigidez, se colocará una tercera viga principal y se realizarán nuevamente los cálculos para la viga secundaria

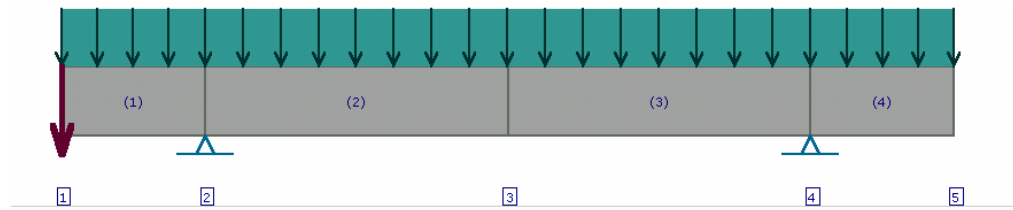


Fig. 4.6 Distribución Cargas perfil secundario con tres apoyos Perfimet R.30 D

Tabla 4.6 Resultados cálculos viga secundaria con tres apoyos Perfimet R.30 D

Datos

Número Element.	Longitud [m]	Momento de Inercia [mm ⁴]	Modulo de Elasticidad [GPa]	Distancia de carga al inicio del nodo [N/m]	Distancia de carga al final del nodo [N/m]
1	0.500	91,240.42	199,95	-17.95	-17.95
2	1.150	91,240.42	199,95	-17.95	-17.95
3	1.150	91,240.42	199,95	-17.95	-17.95
4	2.300	91,240.42	199,95	-17.95	-17.95
5	0.500	91,240.42	199,95	-17.95	-17.95

Nodo Número	Concentración de Fuerza [KN]	Concentración de momento [N.m]	Deflexión específica [mm]	Grado de Inclinación [grado]
1	-1,52055	0		-
2	0	0	0	-
3	0	0		-
4	0	0	0	-
5	0	0	0	-
6	0	0		-

Resultados

Reacciones de la viga

Nodo	Fuerza Vertical [KN]	Momento [N.m]
2	1.9602	0
4	-0.4473	0
5	0.1086	0

Adicionales

	Fuerza Cortante [KN]	Longitud X [m]	Momento [N.m]	Longitud X [m]
Máx.	0.4303	0.5	179.3774	2.8
Mín.	1.5300	0.5	-762.7438	0.5
	Inclinación [grado]	Longitud X [m]	Deflexión [mm]	Longitud X [m]
Máx.	0.03826	0	10.9171	1.3810
Mín.	-0.01024	2.3437	-17.3744	0

Aún el cálculo con tres apoyos no resulta aceptable, es por ello de colocar una segunda viga secundaria:

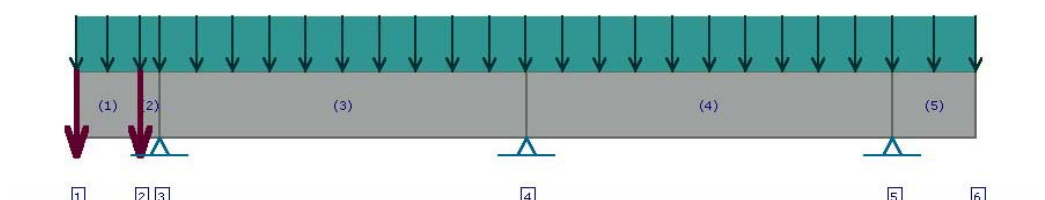


Fig. 4.7 Distribución Cargas perfil secundario con tres apoyos y con dos vigas secundarias Perfinet R.30 D

Tabla 4.7 Resultados cálculos viga secundaria con tres apoyos y con dos vigas secundarias Perfinet R.30 D

Datos

Número Element.	Longitud [m]	Momento de Inercia [mm ⁴]	Modulo de Elasticidad [GPa]	Distancia de carga al inicio del nodo [N/m]	Distancia de carga al final del nodo [N/m]
1	0.400	91,240.42	199,95	-17.95	-17.95
2	0.1250	91,240.42	199,95	-17.95	-17.95
3	2.300	91,240.42	199,95	-17.95	-17.95
4	2.300	91,240.42	199,95	-17.95	-17.95
5	0.5250	91,240.42	199,95	-17.95	-17.95

Nodo Número	Concentración de Fuerza [KN]	Concentración de momento [N.m]	Deflexión específica [mm]	Grado de Inclinación [grado]
1	-0.4709	0		-
2	-0.3924	0	0	-
3	0	0		-
4	0	0	0	-
5	0	0	0	-
6	0	0		-

Resultados

Reacciones de la viga

Nodo	Fuerza Vertical [KN]	Momento [N.m]
2	1.0508	0
4	-0.1448	0
5	0.05872	0

Adicionales

	Fuerza Cortante [KN]	Longitud X [m]	Momento [N.m]	Longitud X [m]
Máx.	0.1781	0.5250	63.4356	2.8250
Mín.	-0.8727	0.5250	-298.7462	0.5250
	Inclinación [grado]	Longitud X [m]	Deflexión [mm]	Longitud X [m]
Máx.	0.01447	0	4.1798	1.4027
Mín.	-0.003903	2.3747	-6.9651	0

Dando como resultados para la distribución de las vigas, tres vigas principales y una secundaria, como se muestra en la Fig. 4.8

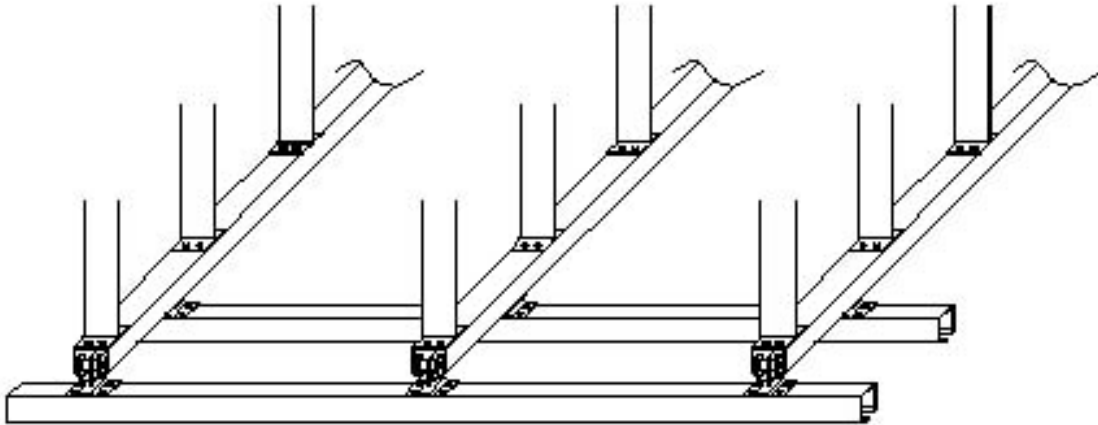


Fig. 4.8 Diseño Final

4.1.2 Selección de Pernos para los apoyos

Hemos escogido pernos de la serie gruesa ajuste clase 2 M5-0,8 clase 5,8

Longitud del agarre = 3mm

Diámetro 1 cm.

Longitud del perno = 1,5 cm

La selección la hemos realizado teniendo como parámetro principal el ancho de la viga.

Primero calculamos las cargas que soportaran los pernos, cuando el equipo se encuentre en la posición más desfavorable

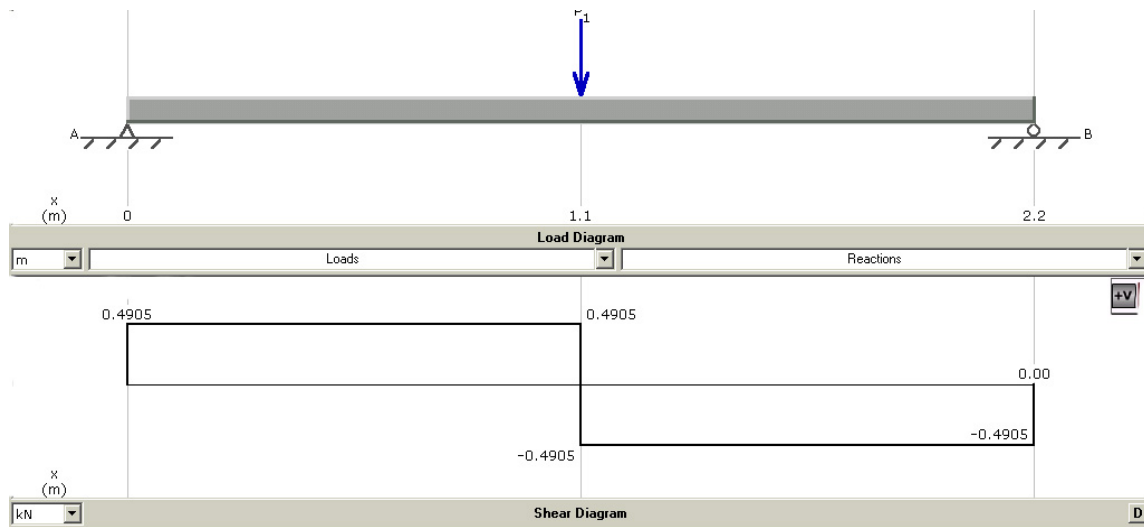


Fig. 4.9 Solicitación de carga para los pernos

El diagrama se observa que para el instante mas desfavorable las fuerzas que se aplican a la junta atornillada son de 0.4905 kN

Por otro lado esta fuerza origina un momento, el cual es una carga que también soportaran los pernos, esta carga viene dada por:

$$M = 981N \cdot 1.115m = 1093.8N \cdot m$$

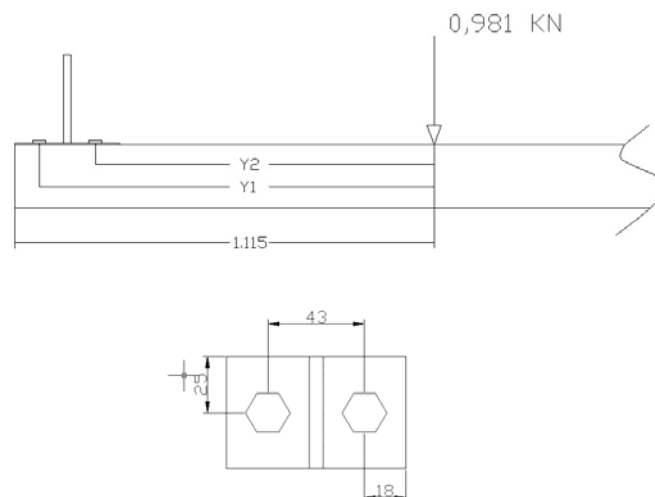


Fig. 4.10 Distribución de los pernos en la barra

Asumiendo esta disposición de los pernos podemos plantear

$$M = F_1 \cdot Y_1 + F_2 \cdot Y_2 \quad (4.3)$$

$$\frac{F_1}{Y_1} = \frac{F_2}{Y_2} \quad (4.4)$$

Donde,

$$Y_1 = 1,115\text{m} - 0,018\text{m} = 1,097\text{m}$$

$$Y_2 = 1,115\text{m} - 0,061\text{m} = 1,054\text{m}$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones (4.3) y (4.4) tenemos

$$F_1 = 518,47\text{N}$$

$$F_2 = 498,14\text{N}$$

Para el diseño usaremos la carga de F_1 ya que es la más desfavorable.

Finalmente la carga total (P) que soportaran los pernos vendrá dada por la suma de la carga producida en la reacción dividida entre el número de tornillos, y la carga originada por el momento

$$P = \frac{F_A}{2} + F_1 \quad (4.5)$$

como

$$F_A = 0,4905 \text{ kN}$$

$$P = 0,245\text{kN} + 0,5184\text{kN} = 0,7634\text{kN}$$

Asumimos una precarga del 90%

Para el M5-0,8 tenemos que el valor de la resistencia de prueba es de 380 Mpa y que el área transversal es de 14,18 mm. Tabla 4.8 y Tabla 4.9

Tabla 4.8 Características de roscas metálicas de paso fino y de paso basto (todas las dimensiones en milímetros)*

DIÁMETRO MAYOR NOMINAL d	SERIE DE PASO BASTO			SERIE DE PASO FINO		
	PASO p	ÁREA DE ESFUERZO DE TENSIÓN A_t	ÁREA AL DIÁMETRO MENOR A_r	PASO p	ÁREA DE ESFUERZO DE TENSIÓN A_t	ÁREA AL DIÁMETRO MENOR A_r
1.6	0.35	1.27	1.07			
2	0.40	2.07	1.79			
2.5	0.45	3.39	2.98			
3	0.5	5.03	4.47			
3.5	0.6	6.78	6.00			
4	0.7	8.78	7.75			
5	0.8	14.2	12.7			
6	1	20.1	17.9			
8	1.25	36.6	32.8	1	39.2	36.0
10	1.5	58.0	52.3	1.25	61.2	56.3
12	1.75	84.3	76.3	1.25	92.1	86.0
14	2	115	104	1.5	125	116
16	2	157	144	1.5	167	157
20	2.5	245	225	1.5	272	259
24	3	353	324	2	384	365
30	3.5	561	519	2	621	596
36	4	817	759	2	915	884
42	4.5	1120	1050	2	1260	1230
48	5	1470	1380	2	1670	1630
56	5.5	2030	1910	2	2300	2250
64	6	2680	2520	2	3030	2980
72	6	3460	3280	2	3860	3800
80	6	4340	4140	1.5	4850	4800
90	6	5590	5360	2	6100	6020
100	6	6990	6740	2	7560	7470
110				2	9180	9080

Tabla 4.9 Tabla de Roscas Métricas

CLASE DE PROPIEDAD	INTERVALO DE TAMAÑOS, INCLUSIVE	RESISTENCIA LÍMITE MÍNIMA A LA TENSIÓN MPa	RESISTENCIA ÚLTIMA MÍNIMA A LA TENSIÓN MPa	RESISTENCIA DE FLUENCIA MÍNIMA A LA TENSIÓN MPa	MATERIAL	MARCA DE CABEZA
4.6	M5-M36	225	400	240	Acero de mediano o bajo carbono	
4.8	M1.6-M16	310	420	340	Acero de mediano o bajo carbono	
5.8	M5-M24	380	520	420	Acero de mediano o bajo carbono	
8.8	M16-M36	600	830	660	Acero de mediano o bajo carbono, T y R	
9.8	M1.6-M16	650	900	720	Acero de mediano o bajo carbono, T y R	
10.9	M5-M36	830	1040	940	Acero martensítico de bajo carbono, T y R	
12.9	M1.6-M36	970	1220	1100	Acero de aleación, T y R	

Precarga

$$F_i = 0,9 S_p A_t \quad (4.6)$$

$$F_i = 0.9(380 \times 10^6 \text{ pa})(0.00001408 \text{ m}^2) = 4815,3 \text{ N}$$

Longitud de la rosca y el vástago

$$\text{Long}_{\text{rosca}} = 2d + 6 = 2(5\text{mm}) + 6 = 12 \text{ mm}$$

$$\text{Long}_{\text{vástago}} = \text{Long}_{\text{perno}} - \text{Long}_{\text{rosca}} = 15\text{mm} - 12 \text{ mm} = 3 \text{ mm}$$

Suponiendo una arandela de aprox. 1 mm, la longitud de la rosca en la zona de sujeción es de 1mm

Rigidez del perno

$$\frac{1}{K_b} = \frac{l_t}{A_t E} + \frac{l_s}{A_b E} = \frac{0.001m}{(0.00001408m)(199.99 \times 10^9)} + \frac{0.003m(4)}{(\pi)(0.005)(199.99 \times 10^9)} \quad (4.7)$$

$$\frac{1}{K_b} = 3.55 \times 10^{-10} + 3.82 \times 10^{-12} = K_b = 2.78 \times 10^9$$

Rigidez del material

$$K_m = \frac{0.577(\pi)Ed}{2Ln(5 \frac{0.577l + 0.5d}{0.577l + 2.5d})} = \frac{0.577(\pi)(199.95 \times 10^9 \text{ pa})(0.003m)}{2Ln(5 \frac{0.577(0.003m) + 0.5(0.005)}{0.577(0.003) + 2.5(0.005)})} = K_m = 1.37 \times 10^9 \quad (4.8)$$

Factor de rigidez

$$C = \frac{K_b}{K_m + K_b} = \frac{2.78 \times 10^9}{1.37 \times 10^9 + 2.78 \times 10^9} = 0.669 \quad (4.9)$$

Cargas

$$P_b = C \cdot P = 0.669 \cdot 0.7634 = 0.510kN \quad (4.10)$$

$$P_m = (1 - C) \cdot P = (1 - 0.669) \cdot 0.7634 = 0.2526kN \quad (4.11)$$

Cargas Resultantes

$$F_b = F_i + P_b = \frac{4815.3}{1000} kN + 0.510kN = 5.326kN \quad (4.12)$$

$$F_m = F_i - P_m = \frac{4815.3}{1000} kN - 0.2526kN = 4.5627kN \quad (4.13)$$

Esfuerzo máximo a la tensión

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_t} = \frac{5.326kN}{0.00001408m^2} = 3.782 \times 10^8 N \quad (4.14)$$

Factor de seguridad a la fluencia

$$N_y = \frac{S_y}{\sigma_b} = \frac{420 \times 10^6}{3.782 \times 10^8} = 1.11 \quad (4.15)$$

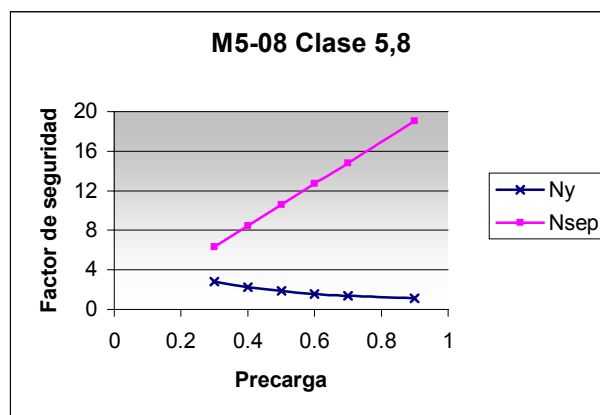
Factor de seguridad a la separación

$$P_o = \frac{F_i}{1-C} = \frac{4.8153}{1-0.669} = 14.54 kN \quad (4.16)$$

$$N_{sep} = \frac{P_o}{P} = \frac{14.54}{0.7634} = 19.04 \quad (4.17)$$

Realizando un análisis grafico del factor de seguridad en función del porcentaje de precarga tenemos:

Gráfica 4.1 Factor de Seguridad vs. Precarga



En la grafica muestra que a medida que disminuimos la precarga el valor del factor de seguridad para la fluencia aumenta, por lo que hemos escogido un porcentaje de precarga del 40% dando como resultado:

Factor de seguridad para la fluencia = 2.23

Factor de seguridad a la separación = 8,46

4.1.3 Selección de Potencia:

Para obtener la potencia requerida para el motor es necesario suponer dos valores importantes, los cuales son el Rendimiento mecánico (η) y la velocidad (V) y donde Q es la carga que debe transportar el sistema en Kg. Empleando de esta manera la siguiente formula para la elección de la potencia requerida:

$$Pot = \frac{Q.V}{76.\eta} : [HP] \quad (4.18)$$

$$Pot = \frac{200Kg.0,5mts/s}{76.0,8}$$

$$Pot = 1.6447 HP$$

Donde,

$$V \Rightarrow 0,5 mt/s$$

$$\eta = (0,75 \text{ a } 0,85) \Rightarrow 0,8$$

Como en el mercado no esta disponible esta potencia, se recomienda un motor trifásico, BBC, con una potencia de 1,7 HP tamaño 90 S (o similar).

4.1.4 Selección de la Cadena de Transmisión y del piñón:

El círculo a través de los centros de los pasadores se conoce como círculo de paso; su diámetro d' en unidades de mm se escribe:

$$d' = \frac{P}{\pi \operatorname{sen} \frac{\pi}{N}} : [mm] \quad (4.19)$$

Suponiendo un valor del diámetro del círculo de paso y un paso acorde a los requerimientos del sistema, se obtienen el número de dientes requeridos para el piñón.

$$60 = \frac{12,7}{\operatorname{sen} \frac{\pi}{N}}$$

$$\frac{\pi}{N} = 0,2133$$

$$N = 14.73$$

Donde,

$$d' \Rightarrow 60mm$$

$$p \Rightarrow 1/2 \text{ pulg} = 12,7mm$$

Sustituyendo en la ecuación 4.18 $N=16$, el diámetro del círculo de paso queda en:

$$d' = \frac{12,7}{\operatorname{sen} \frac{\pi}{16}} = 65,1mm \approx 2.56 \text{ pulg}$$

Para la selección de la cadena a emplear en el sistema, se debe realizar el siguiente procedimiento

El primer paso en la selección de la cadena es determinar la clasificación de la carga de acuerdo con sus características de choque, según la guía de la tabla

4.9, y luego definir el factor de servicio de la lista de la tabla 4.10, la cual depende de las características de la potencia de entrada.

Tabla 4.10 Clasificación de Carga

Clasificaciones de carga		
Carga suave	Carga de choque moderado	Carga de choque pesado
Agitadores—Líquido puro Transportadores—Cargados o alimentados uniformemente (banda articulada, ensamblado, banda, paletas, horno, tornillo sin fin) Ventiladores—Centrífugos y ligeros, diámetro pequeño Árboles de transmisión—Ligero Máquinas—Todos los tipos con cargas no reversibles uniformes. Pantallas—Ingestión de agua con rotación progresiva en el viaje (alimentada uniformemente) Equipo para la disposición de aguas de albañal—Servicio interno (alimentado uniformemente)	Maquinaria para el trabajo de la arcilla—Molinos de barro amasado Transportadores—Trabajo pesado y cargados NO uniformemente (banda articulada, ensamblado, banda, cangilón, paletas, horno, tornillo sin fin) Grúas y malacates—Trabajo mediano, montacargas de cajón (movimiento de viaje y movimiento de carretilla) Dragas—Cable, carrete y transportador Industria de alimentos—Rebanadoras de remolacha, mezcladoras de pasta, molinos de carne Esmeriladoras Industria de lavandería—Lavadoras, tambores giratorios Árboles de transmisión—Servicio pesado Máquinas—Transmisiones principales y auxiliares Máquinas—Todos los tipos con choque moderado y cargas no reversibles Pantallas—Rotatorias (piedra o grava) Industria textil—Calandrias, maquinaria para teñir, planchadoras, perchadores, enjabonadoras, hiladoras, estructuras de tiendas	Maquinaria para el trabajo de la arcilla—Prensadora de ladrillos, maquinaria briqueteadora Transportadores—Reciprocantes y agitadores Grúas y malacates—Trabajo pesado, incluyendo explotación forestal, beneficio de madera y equipo rotatorio para taladrar Dragas—Transmisiones de cabezas cortadoras, transmisiones de guías, transmisiones de pantallas Molinos de martillos Máquinas—Prensa punzonadora, cizalla, cepilladoras Máquinas—Todos los tipos con cargas de choque de impacto severo, o variaciones de velocidad y servicio en reversa Molinos de metal—Banco de estirar, máquinas conformadoras, tajaderas-transmisiones de pequeños trenes de laminación, estiradoras o aplanadoras de alambre Molinos—(del tipo rotatorio) de bolas, hornos de cemento, laminadores de barras, molinos de tambor de frotación Industria del papel—Mezcladoras, calandrias, laminadoras de caucho Industria textil—Maquinaria cardadora

Tabla 4.11 Factores de Servicio y Carga para el diseño de cadenas con rodillos

FACTORES DE SERVICIO Y CARGAS PARA EL DISEÑO DE CADENAS CON RODILLOS			
Factores de servicio para transmisiones por cadena de rodillos			
Tipo de carga conducida	Tipo de potencia de entrada		
	Máquina de combustión interna con transmisión hidráulica	Motor eléctrico o turbina	Máquina de combustión interna con transmisión mecánica
Suave	1.0	1.0	1.2
Choque moderado	1.2	1.3	1.4
Choque pesado	1.4	1.5	1.7

Según la tabla 4.10, el sistema trabaja bajo una carga del tipo suave. Es por eso que el factor de servicio obtenido es igual a 1.

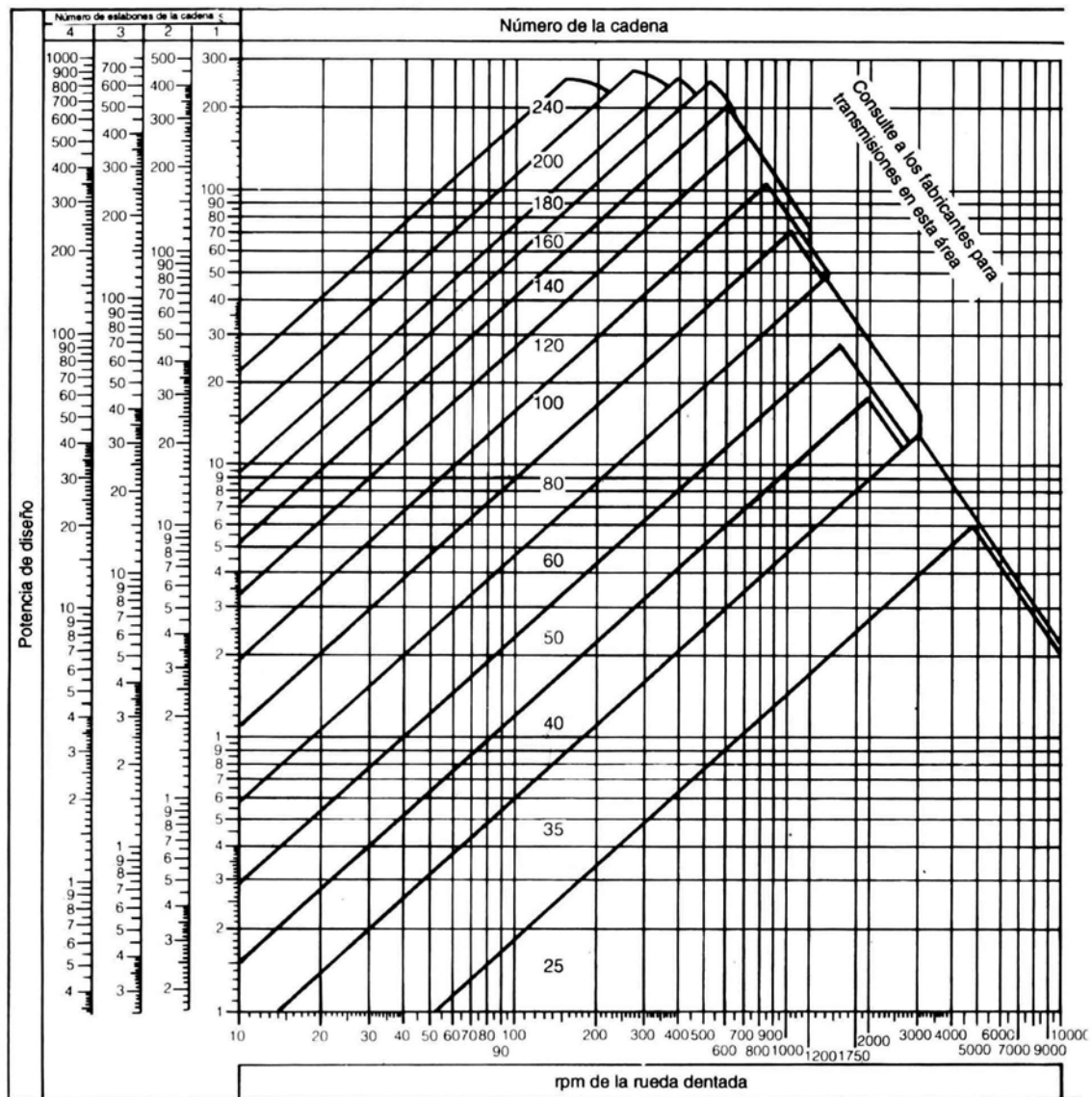
El segundo paso es multiplicar la potencia nominal de la unidad de potencia de entrada por el factor de servicio, para obtener la potencia de diseño. Como el factor de servicio obtenido es 1, entonces la potencia de entrada es igual a la potencia de diseño.

El tercer paso es consultar la Tabla 4.12 con las rpm de la rueda dentada, leer la potencia de diseño y el número de cadena en la intersección de las rpm de la rueda con la potencia de diseño.

Para realizar este procedimiento es necesario convertir la velocidad lineal en rpm, empleando la ecuación de tal manera que:

$$rpm = \frac{V \cdot 60}{\pi \cdot d'_{aprox}} = \frac{0,5 \cdot 60}{\pi \cdot 0,0651} = 146,6862 rpm \quad (4.20)$$

Tabla 4.12 Selección del Tipo de Cadena



Gráfica para la selección de cadenas de rodillos. Tomado de: *American Chain Association Chains for Power Transmission and Material Handling*, Marcel Dekker, Inc., Nueva York, 1982, p. 136.

La cadena seleccionada es una tipo 40, la cual es una cadena comercial y normalmente empleada para las puertas de estacionamientos.

El paso cuatro es definir la longitud de la cadena correspondiente como:

$$L = 2C + N.p \quad (4.21)$$

Para la viga principal larga:

$$L_p = 2.11900 + 16.12,7$$

$$L_p = 24003,2mm$$

$$L_p = 24,0032mts$$

Para la viga secundaria:

$$L_s = 2.5650 + 16.12,7$$

$$L_s = 11503,2mm$$

$$L_s = 11,5032mts$$

Esta medida de longitud se debe llevar a pasos, para luego redondearla al número de pasos par más cercano.

$$L'_p = \frac{L}{p} = \frac{24003,2}{12,7} = 1890,0157 \cong 1890 \text{pasos}$$

$$L'_s = \frac{L}{p} = \frac{11503,2}{12,7} = 905.76 \cong 906 \text{pasos}$$

Para guiar la cadena es necesario colocar una serie de piñones tensores distribuidos a lo largo de su longitud. Dichos piñones se colocarán con un distanciamiento aproximado de 2 metros.

4.1.5 Perfil para la cubierta de la cadena

El diámetro del piñón mas grande es de 65,1 mm por lo que seleccionaremos un perfil abierto que recubra a los piñones y la cadena, buscando de esta manera que estos dispositivos mecánicos se encuentren ocultos y que por el canal abierto del perfil deslice el dispositivo de unión entre la cadena y la viga secundaria.

Este perfil se fijara por medio de soldadura a la viga principal intermedia que se encuentra en la sala. Obsérvese Anexo A.2

4.1.6 Colocación de los piñones y tensión de la cadena:

Para el montaje de los piñones, tenemos que todos los piñones tensores, a excepción del piñón de transmisión, en la corona se le van a colocar unos rodamientos, de tal manera que puedan girar fácilmente y en cualquier dirección. El eje donde rotara el piñón tendrá el diámetro adecuado para que entre en el rodamiento a presión y por la parte posterior presentara un agujero roscado, de manera que a través de un perno se fije el eje al perfil que cubre la cadena.

En el caso de la rueda dentada final se sujetara por medio de un eje que será roscado en sus extremos y en la sección intermedia será de un diámetro mayor y con superficie lisa, de manera que el rodamiento del piñón repose sobre la sección lisa y los extremos roscados sirvan para tensar la cadena y ajustarla por medio de tuercas al perfil. (Véase anexo A.3)

El piñón de transmisión se acoplará directamente en el eje del motor, y por medio de una chaveta se le transmite la potencia al mismo. Las dimensiones de la corona del piñón tendrán las mismas medidas del eje del motor.

4.1.7 Conector para el transporte de la viga secundaria

El dispositivo que usaremos para impulsar la viga secundaria, a través de la cadena, vendrá dado por un conector que estará unido a un eslabón de dicha cadena, este conector se acoplará a cada perfil, es decir se emplearan dos

conectores, los cuales se encargaran de transmitir el movimiento a las vigas. (Véase anexo A.4)

4.1.8 Vinculo entre la viga principal y la viga secundaria

A través de la viga principal se deslizaran unas ruedas las cuales poseen un eje roscado, mediante el cual se unirá a un perfil seleccionado del catalogo de perfiles metálicos de Perfimet K1-0.90, la cual a su vez estarán apernadas a la viga secundaria. (Véase anexo A.2).

4.1.9 Transporte Sistema de Elevación y Generador

Para poder transportar el generador y los elementos mecánicos para la elevación de la cámara de rayos X, basándonos en la estética, se diseño una caja la

cual involucrara todos estos elementos. Para ello se tomo en cuenta, las siguientes pautas:

- Disposición de los elementos:

Tomando en cuenta que en la caja se requiere ubicar, un motor eléctrico, un tambor y el generador, es necesario hacer la distribución de la caja como se muestra en la siguiente figura. (Fig.4.11).

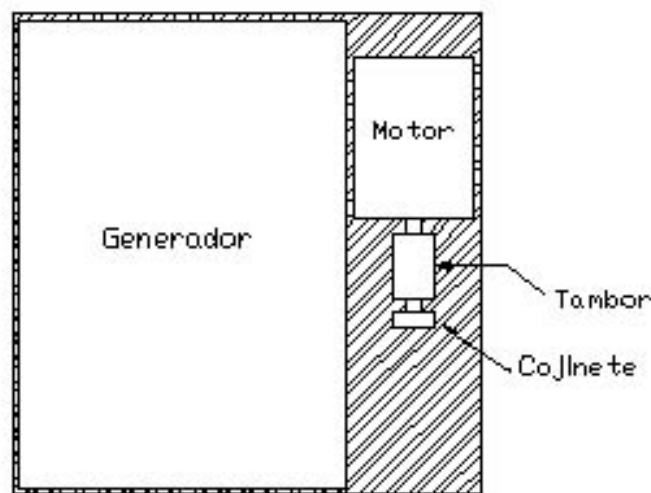


Fig. 4.11 Distribución de la caja

- Capacidad de carga de la caja

La capacidad que ha de soportar la caja depende de el peso de los elementos que se encuentra en la misma, también se incluye el peso de la lámina que va a soportar dichos elementos, la cual es de un acero estructural.

Elemento	Peso neto [Kg]	Peso apróx. [Kg]
Generador	70	75
Motor	12	14
Cámara	43	50
Lámina de acero	15,82	16
Total		155

Para el cálculo de la deflexión y esfuerzos máximos de la lámina soporte, tenemos:

$$w = \frac{W}{A} = \frac{155}{72.70} = 0,03075 Kg / cm^2 \quad (4.22)$$

$$\text{Máx } s = \frac{0,75 \cdot w \cdot b^2}{t^2 \cdot (1 + 1,61 \cdot \alpha^3)} \quad (4.23)$$

$$\text{Máx } s = \frac{0,75 \cdot 0,03075 \cdot 70^2}{0,4^2 \cdot (1 + 1,61 \cdot 0,9722^3)} = 284,8601 Kg / cm^2$$

$$\text{Máx } s \approx 27,85 MPa$$

Aplicando el criterio de falla tenemos que el esfuerzo máximo a la tensión del acero A-36 es de 400 MPa y el esfuerzo máximo al que va a estar sometido la misma es de aproximada de 27, 85 MPa, lo que se traduce en que el material no fallara.

$$\text{Máx } y = -\frac{0,1422 \cdot w \cdot b^4}{E \cdot t^3 \cdot (1 + 2,21 \cdot \alpha^3)} \quad (4.24)$$

$$\text{Máx } y = -\frac{0,1422 \cdot 0,03075 \cdot (70)^4}{2038922,5679 \cdot (0,4)^3 \cdot (1 + 2,21 \cdot 0,9722^3)} = 0,7695 cm$$

La lámina de acero llevara en sus bordes unas vigas soldadas a la misma y a su vez 4 columnas de acero que servirán para darle profundidad a la caja, dichas columnas tendrán en su extremo superior un asa que servirá para unir dicha caja con las garruchas que deslizaran en las vigas secundarias (Véase anexo A.5).

Los criterios usados para desplazar la caja por la viga secundaria, son los mismos empleados para el traslado de las vigas secundaria, es decir por medio de

una cadena acoplada a un motor se transmitirá el movimiento lineal a la caja. Igualmente se empleará el mismo dispositivo de conexión empleado anteriormente, para relacionar la viga secundaria con la caja. La diferencia radica en que los conectores se encuentran unidos a la lámina superior de la caja (Anexo A.4).

4.1.10 Colocación y ubicación de los motores:

El motor que se encarga del movimiento de la viga secundaria, se va a colocar al final de la sala por medio de un soporte aéreo (Fig. 4.13). Este a su vez poseerá una cubierta para mantener la estética requerida en la sala. El motor para que pueda coincidir con el piñón de transmisión debe estar colocado a 2,8 m del piso.

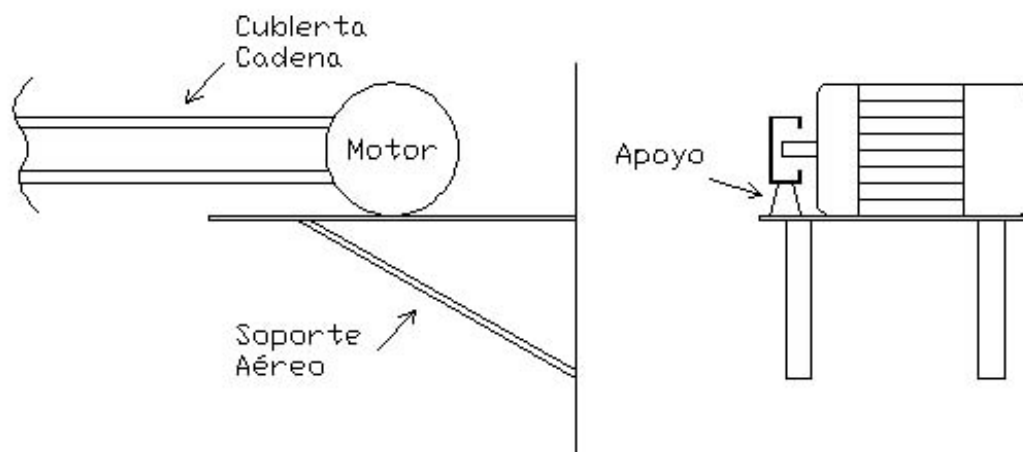


Fig. 4.12 Distribución de la caja Soporte Aéreo

El motor encargado de mover la caja, se colocará entre las dos vigas secundarias sobre una lámina soportada por de dos barras de sección planas paralelas y perpendiculares a las vigas secundarias Fig.413 (Véase Anexo A.6)

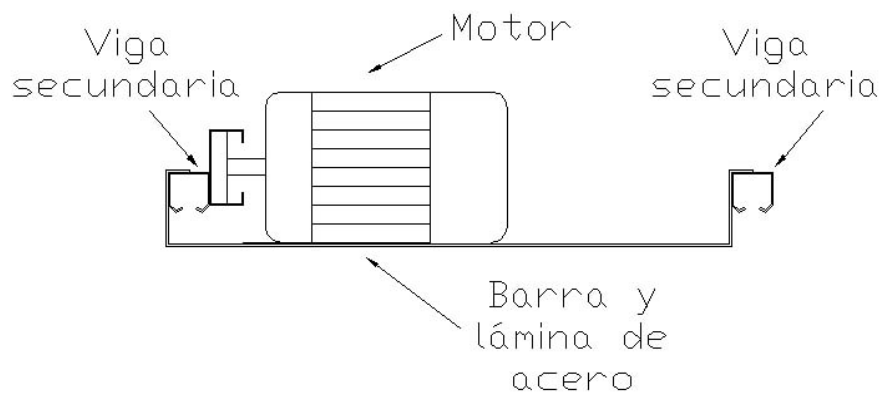


Fig. 4.13 Montaje motor viga secundaria

4.2 Sistemas de elevación

4.2.1 Selección del cable

Para selección del cable nos basaremos en las normas DIN 4130. El diámetro del cable lo calculamos como:

$$d = k\sqrt{S} \quad (4.25)$$

Donde,

S = Tracción máxima, sobre un ramal del cable en kg

k = Coeficiente calculado de la tabla 4.14

d = Diámetro en mm

Tabla 4.13 Clasificación en grupos de los Cables para máquinas de elevación
(Extraída de la DIN 4130)

Grupo	Frecuencia de los movimientos	Importancia de la carga
I	Movimiento de precisión	Sin precisar
II	» poco frecuente	Raramente plena carga
III	» frecuente	» » »
IV	» poco frecuente	Plena carga
V	» frecuente	» »
	» »	Todas las cargas en la industria siderúrgica

Tabla 4.14 Factores de Seguridad ν y Coeficientes k y c . (Extraída de la DIN 4130)

Grupo	Cable		Tambor c	Polea c	Polea de compensación c
	k				
	Valores de ν para 160 kg/mm ²				
Para cables de 160 y 180 kg/mm ²					
I	5,5 a 6	0,30 a 0,32	5 a 6	5,5 a 7	4,5 a 5
II	5,5 a 6	0,30 a 0,32	6 a 7	7 a 8	4,5 a 5
III	6 a 7	0,32 a 0,34	7 a 8	8 a 10	5 a 6
IV	7 a 8	0,34 a 0,37	8 a 9	9 a 12	6 a 7,5
V	8 a 9,5	0,37 a 0,40	8 a 9	9 a 12	6 a 7,5

Según la Tabla 4.13 podemos clasificar nuestro sistema en el grupo II.
Usando ahora la Tabla 4.14 obtenemos los valores de $k = 0.32$

$$d = 0.32 \cdot \sqrt{70} = 2.67 \text{ mm} \quad \text{Normalizando a } 3.18 \text{ mm (Tabla 4.15)}$$

Tabla 4.15 Tabla de Cables normalizados Alma de Acero

6 X 19 AA

6 X 25 AA

6 X 26 AA

6 X 19 AA		6 x 25 AA		6 x 26 AA			
6 X 19 ALMA DE ACERO							
DIAMETRO		RESISTENCIA DE RUPTURA EN KILOS		PESO [Aprox.]			
MILIMETROS	PULGADAS	CLASE 180*	CLASE 200**	Kg./m			
3,18	1/8	690	795	0,04			
4,76	3/16	1.500	1.725	0,10			
6,35	1/4	2.700	3.105	0,17			
7,94	5/16	4.250	4.888	0,28			
9,53	3/8	6.000	6.900	0,39			
11,11	7/16	8.250	9.487	0,51			
12,70	1/2	10.600	12.190	0,69			
14,30	9/16	13.480	15.502	0,87			
15,90	5/8	16.670	19.170	1,08			
19,05	3/4	23.750	27.313	1,54			
22,23	7/8	32.130	36.950	2,10			
25,40	1	41.700	47.955	2,75			
28,60	1-1/8	52.490	60.364	3,47			
31,75	1-1/4	64.470	74.140	4,20			
34,93	1-3/8	77.540	89.171	5,15			
38,10	1-1/2	91.800	105.570	6,20			
41,27	1-5/8	106.770	122.785	7,14			
44,45	1-3/4	123.740	142.301	8,30			
47,62	1-7/8	140.700	161.805	9,52			
50,80	2	156.040	179.446	10,82			
53,98	2-1/8	174.180	200.307	12,43			
57,15	2-1/4	195.050	224.307	13,93			
60,33	2-3/8	217.000	249.550	15,46			
63,51	2-1/2	238.000	273.700	17,27			
NOTA: * Clase 180 equivalente a " Acero de arado mejorado (IPS) "							
** Clase 200 equivalente a " Acero de arado extramejorado (XIPS) "							

4.2.2 Especificaciones del tambor

Para el cálculo del diámetro nominal del tambor tenemos:

$$D = c\sqrt{S} \quad (4.26)$$

Donde,

D = diámetro nominal del tambor

c = Coeficiente calculado de la Tabla 4.14

S = Tracción máxima, sobre un ramal del cable en kg

Obteniendo el valor $c = 6.5$ a partir de la Tabla 4.14 tenemos

$$D = 6.5 \cdot \sqrt{70} = 54.38mm \text{ normalizando a } 60mm$$

La longitud del tambor la calculamos a partir del número de espiras que este necesite

$$n = \frac{L}{D \cdot \pi} \quad (4.27)$$

Donde,

n = numero de espiras

L = longitud del cable

D = Diámetro nominal del tambor

La longitud del cable que tendrá cada espira viene dada por

$$L_{espira} = D \cdot \pi = 6cm \cdot \pi = 18.84cm \quad (4.28)$$

La longitud de elevación es de 50cm, y por condiciones de diseño usaremos dos espiras muertas en el tambor, esto lleva a que la longitud total del cable será:

$$L_{total} 50cm + 18.81 \cdot (3)cm = 106.43cm \approx 110cm$$

Luego el número de espiras será:

$$n = \frac{110cm}{6cm \cdot \pi} = 5.8357 \approx 6 \text{ espiras}$$

Espesor de los tambores

Para el calculo del espesor del tambor es necesario hacer un estudio de las solicitaciones, como la longitud del tambor va a ser muy pequeña los valores para los esfuerzos de flexión son despreciables, así como también los esfuerzo producidos por la torsión, por lo que el espesor del tambor lo elegiremos basándonos únicamente en las solicitaciones producidas por el arrollamiento.

El esfuerzo a compresión de la parte arrollada lo calculamos por:

$$\sigma_{comp} = 0.5 \cdot \frac{S}{h \cdot s} (Kg / cm^2) \quad (4.29)$$

$$\sigma_{flex} = 0.96 \cdot S \cdot \sqrt{\frac{1}{D^2 \cdot h^6}} (Kg / cm^2) \quad (4.30)$$

Donde,

σ_{comp} = Esfuerzos por compresión

σ_{flex} = Esfuerzos por flexión

S = Tracción máxima, sobre un ramal del cable en kg

h = Espesor del tambor

s = paso de los filetes

Los valores de los esfuerzos admisibles para los tambores realizados por fundición están por el orden de $\sigma = 200$ a 250 kg/cm^2 máximos.

$$\sigma_{comp} = 0.5 \cdot \frac{S}{h \cdot s} (\text{Kg} / \text{cm}^2) = 200 = 0.5 \cdot \frac{70 \text{kg}}{h \cdot 0.35 \text{cm}} \Rightarrow h = 0.5 \text{cm}$$

$$\sigma_{flex} = 0.96 \cdot S \cdot \sqrt{\frac{1}{D^2 \cdot h^6}} (\text{Kg} / \text{cm}^2) = 0.96 \cdot 70 \cdot \sqrt{\frac{1}{(6)^2 \cdot (0.5)^6}} = 89.6 (\text{kg} / \text{cm}^2)$$

Lo que demuestra que ambos esfuerzos cumplen con los valores admisibles.

4.2.3 Sistema Telescópico

El Sistema de elevación usara un mecanismo telescópico simple para cubrir el cable metálico y a su vez darle rigidez de manera que el cable no pendule (Fig.4.14). Dicho mecanismo estará constituido por un conjunto de cilindros concéntricos de base cuadrada y de diferentes tamaños que se plegaran o extenderán dependiendo la longitud del cable que este fuera del tambor. En la siguiente Figura se mostrará las especificaciones de los cilindros. (Véase anexos A.7).

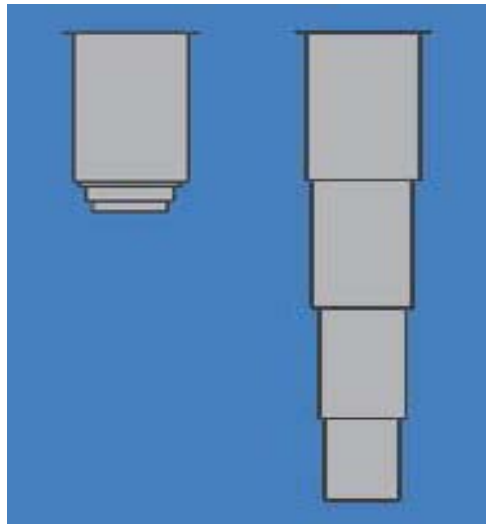


Fig. 4.14 Sistema telescópico

4.2.4 Sistema de sujeción Cámara RX y Mecanismo de Elevación

Para conectar el sistema de elevación al equipo de Rayos X, se requiere de un cilindro roscado, el cual se relacionara con el sistema de elevación por medio de un garfio sujeto al cable (con su respectiva gaza).

El cilindro enroscara a un brazo, que posee en un extremo un rodamiento con anillo de fijación excéntrico roscado y al otro extremo se encuentra el tubo de Rayos X y el colimador.

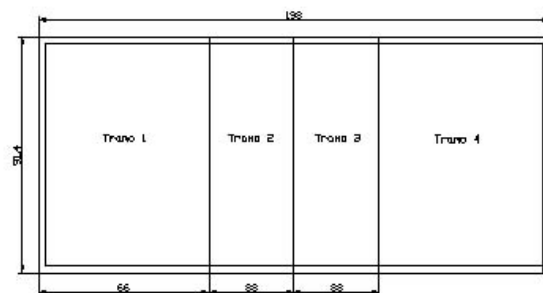
El cilindro estará soldado a una base, el cual le permite junto con el garfio estar atornillado por medio de pernos al sistema telescópico.

4.3 Rediseño de las camas

La dimensión de la cama son 91.4 x 198. La longitud mayor se divide en tres tramos iguales de 66 cm y la sección intermedia a su vez se divide en dos tramos de 33 cm cada una, como se observa en la Fig.4.15.



Fig. 4.15
Distribución de
la superficie de
la cama



A continuación se presenta los cálculos realizados para la armadura, que se le colocará a las camas de la sala de Emergencia del Hospital Clínico de Caracas. Ver anexo A.8.

4.3.1 Cálculo de los bordes de acero

El cálculo de los bordes se realizará tomando en cuenta el caso más desfavorable que ocurre en el tramo dos y tres. Es necesario hacer el estudio de rigidez para el mismo de tal manera que la deflexión sea mínima, por medio de el Software MD Solids se obtiene la deflexión máxima que ocurre en el borde para la carga aplicada en dicho tramo, suponiendo que cada borde soporta la mitad de la carga en ese tramo.

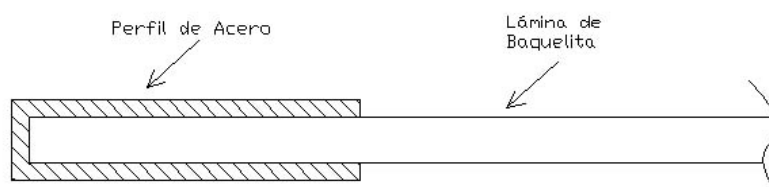


Fig. 4.16 Perfil de Acero, soporte de la baquelita

Para ello se utilizó un valor del Módulo de Elasticidad $E = 199,95 \text{ GPa}$, para acero estructural y se obtuvo el valor de Inercia del perfil (Fig. 4.16) $I = 397,125 \text{ mm}^4$.

El Software nos arrojó un resultado de deflexión máxima ocurrida en el perfil de 0,1093 mm, lo que nos da un valor aceptable.

4.3.2 Cálculo de la baquelita:

Con la rigidez de los bordes de acero se garantiza que soporta la carga suficiente y se asume que los bordes actúan como apoyos alrededor de la baquelita, según la distribución señalada en la Fig.4.17.

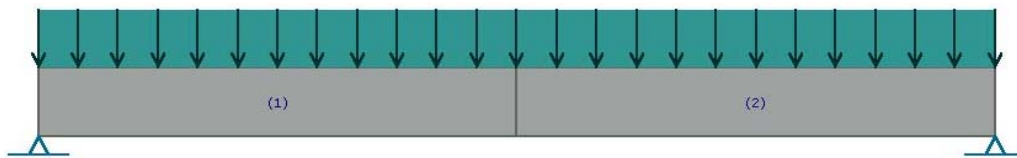


Fig. 4.17 Distribución de carga para los bordes de acero

El primer tramo es igual al cuarto tramo, entonces tomando la siguiente formulas, se obtiene el esfuerzo máximo:

$$\text{Máx } s = \beta \frac{\omega b^2}{t^2} \quad (4.31)$$

Tomando en cuenta que el espesor de la lámina t es de 2 mm, la carga distribuida para el tramo uno y cuatro se asume como la carga total dividida entre el área total y luego dividida entre el tramo correspondiente, y se asume una carga uniforme ω igual a $2,39448 \times 10^{-3} \text{ Kg/cm}^2$. Entonces sustituyendo con las dimensiones respectivas:

Y usando la tabla 4.16, con $\frac{a}{b}=1,384848$, se interpola para obtener el valor de β :

Tabla 4.16 Valores de β y α

$\frac{a}{b}$	1	1,5	2,0	4
β	0,67	0,77	0,79	0,80
α	0,140	0,160	0,165	0,167

$$\text{Máx } s = 0,6308 \frac{2,39448 \times 10^{-3} \cdot 66^2}{0,4^2}$$

$$\text{Máx } s = 41.1217 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

El valor máximo a la tensión que soporta la baquelita es de 1428 Kg/cm^2 , el cual al compararlo con el valor obtenido de 41 Kg/cm^2 es aceptable. Es necesario saber la deflexión máxima de la baquelita y para ellos se emplea la siguiente formula:

$$\text{Máx } y = \alpha \frac{\omega b^4}{E \cdot t^2} \quad (4.32)$$

Donde,

$$E = 199,95 \text{ GPa}$$

$\alpha = 0,1554$ se obtiene de interpolar en la Tabla 4.16.

$$\text{Máx } y = 0.1554 \frac{2,39448 \times 10^{-3} \cdot 66^4}{232012,9613 \cdot 0,4^3} = 0,4755 \text{ cm}$$

Para los dos tramos restantes, no tienen apoyos en los bordes largos, y como se asume una carga uniforme a lo largo de la misma, se puede partir de la siguiente suposición:

La placa se comporta igual en toda su anchura, entonces el estudio se realizará para una franja unitaria, el cual tiene un comportamiento similar al de una viga. (Fig.4.18).

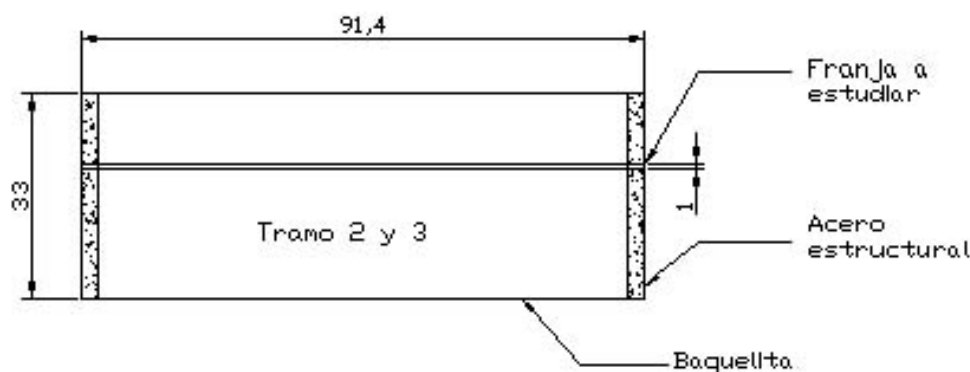


Fig. 4.18 Tramo 2 y 3 de las camas

Para ello utilizando nuevamente el Software MDSolids, empleando un Modulo de elasticidad para la baquelita de $E=22,7527\text{GPa}$ y un valor de $I=22.5\text{mm}^4$.

El Software nos arrojo como resultado una deflexión máxima para la baquelita de $0,0001\text{mm}$.

4.3.3 Apoyos de la Armadura:

Los apoyos son realizados de Acero estructural AISI36, los mismos se encontraran en los extremos de las camas, véase anexo (A.8). Estos se encontraran apernados a los bordes de acero, así como también a la estructura de la cama.

CAPITULO V
SISTEMA DE CONTROL Y
AUTOMATIZACIÓN

5.1 Principio de un sistema automático

Todo sistema automático por simple que este sea se basa en el concepto de bucle o lazo, tal y como se representa en la Fig. 5.1.

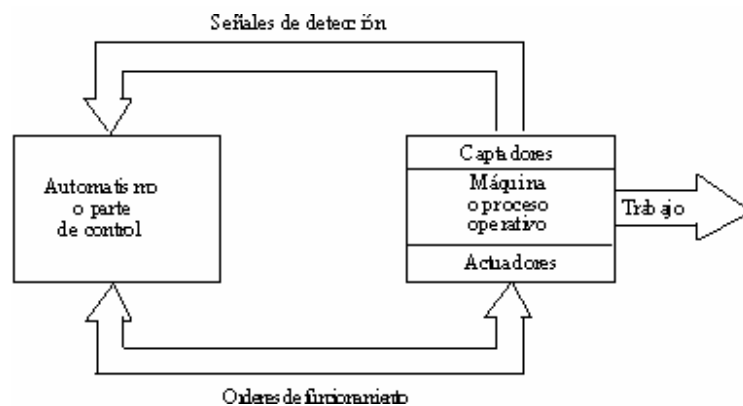


Fig. 5.1 Bucle o lazo en un sistema automático

5.1.1 Fases de estudio en la elaboración de un automatismo

Para el desarrollo y la elaboración correcta de un automatismo, por el técnico o equipo encargado de ello, es necesario conocer previamente los datos siguientes:

1. Las especificaciones técnicas del sistema o proceso a automatizar y su correcta interpretación.
2. La parte económica asignada para no caer en el error de elaborar una buena opción desde el punto de vista técnico, pero inviable económicamente.
3. Los materiales, aparatos, etc., existentes en el mercado que se van a utilizar para diseñar el automatismo. Además es importante conocer:

- . Calidad de la información técnica de los equipos.
- . Disponibilidad y rapidez en cuanto a recambios y asistencia técnica.

El organigrama de la Fig. 5.2 representa el proceso general o fases más utilizadas para el estudio de los automatismos.

A continuación se va a estudiar cada uno de los apartados descritos:

1. *Estudio previo*: Es importante antes de acometer cualquier estudio medianamente serio de un automatismo el conocer con el mayor detalle posible las características, el funcionamiento, las distintas funciones, etc., de la máquina o proceso a automatizar; esto lo obtenemos de las especificaciones funcionales, esta base mínima a partir de la cual podremos iniciar el siguiente paso, es decir, estudiar cuales son los elementos más idóneos para la construcción del automatismo.
2. *Estudio técnico-económico*: Es la parte técnica de especificaciones del automatismo: relación de materiales, su adaptación al sistema y al entorno en el que se haya inscrito, etc. También aquí se ha de valorar la parte operativa del comportamiento del automatismo en todos sus aspectos, como mantenimiento, fiabilidad, etcétera. Es obvio que la valoración económica, que será función directa de las prestaciones del mismo, ha de quedar incluida en esta arte del estudio.
3. *Decisión final*: En el apartado anterior se han debido estudiar las dos posibilidades u opciones tecnológicas generales posibles: lógica cableada y lógica programada. Con esta información y previa elaboración de los parámetros que se consideren necesarios tener en cuenta, se procede al análisis del problema.

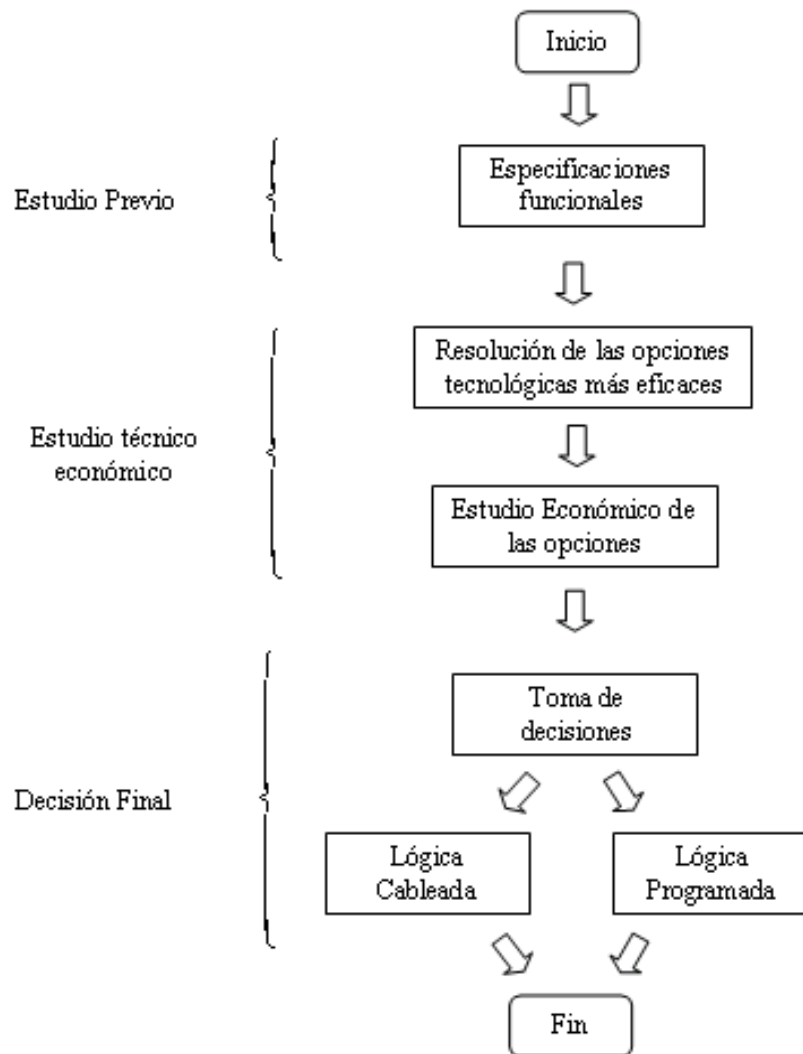


Fig. 5.2 Organigrama para el estudio y elaboración de un automatismo.

Los parámetros que se deben valorar para una decisión correcta pueden ser muchos y variados, algunos de los cuales serán específicos en función del problema concreto que se va a resolver, pero otros serán comunes, tales como los siguientes:

- Ventajas e inconvenientes que se le asignan a cada opción en relación a su factibilidad, vida media y mantenimiento.

- . Posibilidad de ampliación y de aprovechamiento de lo existente en cada caso.
- . Posibilidades económicas y rentabilidad de la inversión realizada en cada opción.
- . Ahorro desde el punto de vista de necesidades para su manejo y mantenimiento.

Una vez realizado este análisis solo queda adoptar la solución final elegida.

5.1.2 Opciones tecnológicas

La Tabla 5.1 nos muestra las opciones tecnológicas posibles derivadas de las dos generales: lógica cableada y lógica programada.

Tabla 5.1 Opciones Tecnológicas

Tipo	Familia Tecnológica	Subfamilias Específicas	
Lógica cableada	Eléctrica	Reles Electroneumáticos	
		Electroneumática	
		Electrohidráulica	
	Electrónica	Electrónica Estática	
Lógica Programable	Electronica	Sistemas Informáticos	Microprocesadores
			Miniordenadores
		Microsistemas (universales específicos)	
		Autómatas Programables	

5.2 Autómatas Programables

5.2.1 Definición

Se entiende por Controlador Lógico Programable (PLC) o Autómata Programable, a toda máquina electrónica, diseñada para controlar en tiempo real y en medio industrial procesos secuenciales. Su manejo y programación puede ser realizada por personal eléctrico o electrónico sin conocimientos de informáticos. Realiza funciones lógicas: series, paralelos, temporizaciones, contajes y otras más potentes como cálculos, regulaciones, etc.

También se le puede definir como una “caja negra” en la que existe unos terminales de entrada a los que se conectaran pulsadores, finales de carrera, fotocélulas, detectores, etc; unos terminales de salida a los que se conectaran bobinas de contactores, electroválvulas, lámparas..., de tal forma que la activación de estos últimos esta en función de las señales de entrada que estén activadas en cada momento, según el programa almacenado.

Esto quiere decir que los elementos tradicionales como reles auxiliares, reles de enclavamiento, temporizadores, contadores..., son internos. La tarea del usuario se reduce a realizar el “programa”, que no es más que la relación entre señales de entrada que se tienen que cumplir para activar cada salida.

5.2.2 Antecedentes e historia

En 1.960 las computadoras estaban consideradas por muchos como la principal manera de incrementar la eficiencia, la rentabilidad, la productividad y la automatización en la industria ya que ellos presentaban la posibilidad de adquirir y

analizar altos volúmenes de datos, tomar decisiones, y luego distribuir información relativa al control de procesos.

Sin embargo, ciertos factores tales como: alto costo, complejidad de los programas, la vacilación en cuanto a las máquinas con réles existente en la industria, la carencia de personal entrenado en la tecnología de computación. Estas son grandes limitaciones en la aplicación de computadoras con respecto a la gran envergadura de las funciones de control en la industria de proceso. De esta manera, la aplicación de computadores hasta 1.960, estaba principalmente en el área de colección de datos, monitoreo en línea y en control de consulta a lazo abierto.

El desafío constante que toda industria tiene planteado para ser competitiva ha sido el motor impulsor del desarrollo de nuevas tecnologías para conseguir una mayor productividad.

Debido a que ciertas etapas en los procesos de fabricación se realizan en ambientes nocivos para la salud, con gases tóxicos, ruidos, temperaturas extremadamente altas o bajas, etc., unido a consideraciones de productividad, llevo a pensar en la posibilidad de dejar ciertas tareas tediosas, repetitivas y peligrosas a un ente al que no pudieran afectarle las condiciones ambientales adversas: había nacido la máquina y con ella la automatización.

Surgieron empresas dedicadas al desarrollo de los elementos que hicieran posible tal automatización; debido a que las máquinas eran diferentes y diferentes las maniobras a realizar se hizo necesario crear unos elementos estándar que

mediante la combinación de los mismos, el usuario pudiera realizar la secuencia de movimientos deseada para solucionar su problema de aplicación particular. Reles, temporizadores, contactores..., fueron y son los elementos con que se cuentan para realizar el control de cualquier máquina. Debido a la constante mejora de la calidad de estos elementos y a la demanda del mercado, que exigía mayor y mejor calidad en la producción, se fue incrementando el número de etapas en los procesos de fabricación controlados de forma automática.

Comenzaron a aparecer problemas: los armarios de maniobra o cajas en donde se coloca el conjunto de reles, temporizadores, etc., constitutivos de un control, se hacían cada vez más y más grandes, la probabilidad de avería era enorme, su localización, larga y complicada, el stock que el usuario se veía obligado a soportar era numeroso, y el costo del mismo se incrementa cada vez más.

El desarrollo tecnológico que trajeron los semiconductores primero y los circuitos integrados después intentaron resolver el problema sustituyendo las funciones realizadas por reles por funciones realizadas con puertos lógicos.

Con esos nuevos elementos se ganó confiabilidad y se redujo el problema del espacio, pero no así la detección de averías ni el problema del mantenimiento de un stock. De todas maneras, subsistía un problema: la falta de flexibilidad de los sistemas.

Debido a las constantes modificaciones que las industrias se veían obligadas a realizar en sus instalaciones para mejora de la productividad, los armarios de maniobra tenían que ser cambiados, con la consiguiente pérdida de tiempo y el aumento del costo que ello producía.

En 1968, Ford y General Motors impusieron a sus proveedores de automatismos unas especificaciones para la realización de un sistema de control electrónico para máquinas transfer. Este equipo debía ser fácilmente programable, sin recurrir a los computadores industriales ya en servicio en la industria.

A medida camino entre estos microcomputadores y la lógica cableada aparecen los primeros modelos de Autómatas, también llamados controladores lógicos programables (PLC). Limitados originalmente a los tratamientos de lógica secuencial, los Autómatas se desarrollaron rápidamente, y actualmente extienden sus aplicaciones al conjunto de sistemas de control de procesos y de máquinas.

5.2.3 Campos de aplicación

El PLC por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso. La constante evolución del hardware y software amplía continuamente este campo para poder satisfacer las necesidades que se detectan en el espectro de sus posibilidades reales.

Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario realizar procesos de maniobra, control, señalización, etc., por tanto, su aplicación abarca desde procesos de fabricación industrial de cualquier tipo al de transformaciones industriales, control de instalaciones, etc.

Sus reducidas dimensiones, la extremada facilidad de su montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, la modificación o alteración de los mismos, etc., hace que su eficacia se aprecia fundamentalmente en procesos en que se producen necesidades tales como:

- . Espacio reducido
- . Procesos de producción periódicamente cambiantes.
- . Procesos secuenciales.
- . Maquinaria de procesos variables.
- . Instalaciones de procesos complejos y amplios.
- . Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso.

Algunos ejemplos de aplicaciones generales podrían ser los siguientes:

a. Maniobra de máquinas:

- . Maquinaria industrial del mueble y madera.
- . Maquinaria en procesos de grava, arena y cemento.
- . Maquinaria en la industria del plástico.
- . Maquinas-herramientas complejas.
- . Maquinaria en procesos textiles y de confección.
- . Maquinaria de ensamblaje.
- . Maquinas transfer.

b. Maniobra de instalaciones:

- . Instalaciones de aire acondicionado, calefacción, etc.
- . Instalaciones de seguridad.
- . Instalaciones de frío industrial.
- . Instalaciones de almacenamiento y traslado de cereales.
- . Instalaciones de plantas embotelladoras.
- . Instalaciones de la industria de automatización.
- . Instalaciones de tratamientos térmicos.
- . Instalaciones de plantas depuradoras de residuos.

- . Instalaciones de cerámica.
- c. Señalización de control
 - . Chequeo de programas.
 - . Señalización del estado de procesos.

5.2.4 Ventajas e inconvenientes del PLC

No todos los Autómatas ofrecen las mismas ventajas sobre la lógica cableada, ello es debido, principalmente, a la variedad de modelos existentes en el mercado y a las innovaciones técnicas que surgen constantemente. Tales consideraciones nos obligan a referirnos a las ventajas que proporciona un Autómata de tipo medio.

5.2.4.1 Ventajas del PLC

Las consideraciones favorables que presenta un PLC son las siguientes:

1. Menor tiempo empleado en la elaboración de proyectos debido a que:
 - . No es necesario dibujar el esquema de contactos.
 - . No es necesario simplificar las ecuaciones lógicas, ya que, por lo general, la capacidad de almacenamiento del módulo de memoria es lo suficientemente grande.
 - . La lista de materiales queda sensiblemente reducida, y al elaborar el presupuesto correspondiente eliminaremos parte del problema que supone el contar con diferentes proveedores, distintos plazos de entrega, etc.
2. Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado ni añadir aparatos.
3. Mínimo espacio de ocupación.

4. Menor costo de mano de obra de la instalación.
5. Economía de mantenimiento. Además de aumentar la fiabilidad del sistema, al eliminar contactos móviles, los mismos Autómatas pueden detectar e indicar baterías.
6. Posibilidad de gobernar varias máquinas con un mismo Autómata.
7. Menor tiempo para la puesta en funcionamiento del proceso al quedar reducido el tiempo de cableado.
8. Si por alguna razón la máquina queda fuera de servicio, el Autómata sigue siendo útil para otra máquina o sistema de producción.

5.2.4.2 Inconveniente del PLC

Como inconveniente podríamos hablar, en primer lugar, de que hace falta un programador, lo que obliga a adiestrar a uno de los técnicos en tal sentido.

Pero hay otro factor importante, como el costo inicial, que puede o no ser un inconveniente, según las características del automatismo en cuestión. Dado que el PLC cubre ventajosamente un amplio espacio entre la lógica cableada y el microprocesador, es preciso que el proyectista lo conozca tanto en su amplitud como en sus limitaciones. Por tanto, aunque el costo inicial debe ser tenido en cuenta a la hora de decidimos por uno u otro sistema, conviene analizar todos los demás factores para asegurarnos una decisión acertada.

A continuación se muestra descripción de las funciones requeridas para el sistema, así como los elementos necesarios para realizar estas funciones, un diagrama eléctrico que sirve de algoritmos de estas mismas y por último se selecciona el sistema de control aplicable y sus elementos.

5.3 Narrativa Sistema de control

El sistema permitirá que el doctor en el momento que sea necesario tomar una radiografía a un paciente recluido en la sala de hospitalización, de manera automática, trasladara la cámara de rayos x a la cama en la cual se encuentre el paciente y así tomar dicha radiografía.

El sistema será manejado por medio de un pequeño panel de control que estará colocado en la pared al lado de cada una de las camas. (Fig. 5.3)

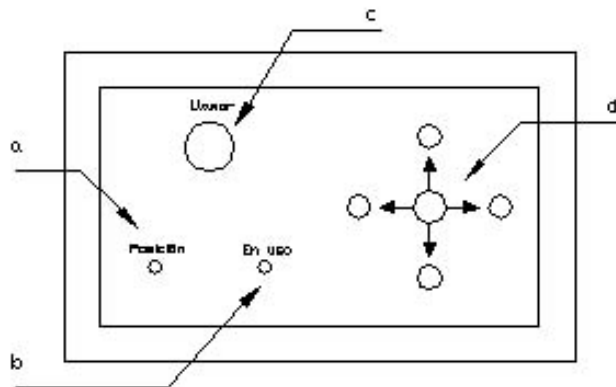


Fig. 5.3 Panel de Control

Cada panel presentará un botón (Botón de Llamada -1) que servirá para llamar al equipo (Fig. 5.3.a), de esta manera al pulsar el mismo la cámara se desplazará por la sala hasta colocarse encima de la cama donde fue llamado (Similar al sistema empleado para los ascensores). Y a su vez inhibirá al resto de los paneles de control, de tal manera que aunque se soliciten en otra cama, el llamado no será correspondido, solo hasta que el operador presione de nuevo el botón de llamada, permitiendo que el resto de los paneles queden activos.

Después que la cama se encuentre en la posición deseada, se procederá a ajustar la cámara sobre el lugar donde se tomará la radiografía, es decir la zona del cuerpo del paciente donde se requiera la placa. Para ello, el tablero presentara cuatro botones (Fig. 5.3.d): dos de movimiento lateral (derecha – izquierda), que permitirán trasladar la cámara a lo largo de la cama, y otros dos botones, que permiten trasladarla a lo ancho de la cama. Además se encuentra un quinto botón intermedio, el cual permite bajar y subir la cámara, con el fin de que se ajuste la distancia foco-placa de la radiografía, dependiendo del requerimiento de la misma.

Es importante señalar que aparte de estos botones, el tablero también poseerá unas luces, las cuales, una indicará si el equipo se encuentra en uso (Fig. 5.3.b) y la otra (Fig. 5.3.a) para saber si el equipo esta en la posición correcta para ser desplazado. La primera luz se encenderá en el resto de los paneles indicando que la cámara ya ha sido solicitada o esta en funcionamiento y el segundo se encenderá cuando el equipo este completamente arriba y centrado.

Todos los botones de los tableros con excepción del botón de llamado deberán estar siempre inhibidos, una vez que en un tablero se procedió al llamado del equipo.

Mientras el equipo no este en posición normal de desplazamiento, independientemente de que se tenga el selector en remoto, todos los botones de llamado estarán inhibidos, a fin de no permitir el desplazamiento del equipo.

En caso de falla o mal funcionamiento del sistema, se deberá permitir la operación manual del sistema, sin necesidad del uso del panel.

5.4 Selección del PLC y accesorios

Después de conocer todas las variables que se deben manejar y las características básicas del sistema diseñado se procede a la selección de un sistema de control por autómatas programables (PLC). La opción de elegir un PLC viene dada por las condiciones del sistema, éste tiene la virtud de reducir los sensores de posición así como también la facilidad de manejar un variador de frecuencia, pero sobre todo la posibilidad de programación en caso de un cambio y/o una futura expansión del sistema de transporte del equipo de rayos-X.

Para elegir el PLC adecuado es necesario saber la descripción de las señales necesarias, las cuales están descritas en la Tabla 5.2

Tabla 5.2 Descripción de las señales necesarias para el PLC

Señales	Descripción			Total
Entradas Analógica [Ai]	No es necesario			-
Salida Analógica [Ao]	1 para el Variador de Frecuencia			1
Entradas Digitales [Di]	8 para la llamada en cada panel de control	5 Para situar correctamente la cámara (Sintonía Fina)		13 ≈ 16
Salidas Digitales [Do]	5 Para situar correctamente la cámara (Sintonía Fina)	8 Para verificar la posición de la cámara	8 Para inhibir los paneles de control	23 ≈ 24

Por consiguiente se recomienda la utilización de un Autómata modular del grupo Schneider Electric (o similar) modelo TWD LMDA 20DTK con 12 entradas y con capacidad de 4 módulos adicionales. Y para cumplir con el número de entradas y salidas digitales necesarias se recomienda agregar unos módulos del tipo TWD DDI 80T (o similar) para la entrada y TWD DDO 16 UK (para la salida (o similar). Adicional se colocara un módulo extra para la salida analógica modelo TWD AMO 1HT de la misma casa fabricante.

Con respecto al variador de frecuencia este equipo se seleccionara partiendo de la base que este dispositivo eliminaría el uso de reductores de velocidad en cada uno de los motores, ya que para dichos reductores hace falta implementar un plan de mantenimiento, por sus dimensiones ocuparían un espacio importante en el diseño, y además el hecho de que para su lubricación hace falta el uso de fluidos no sanitarios.

Por lo anteriormente descrito, se recomienda la utilización de un variador de frecuencia modelo ATV-28HU09M2 de la casa Telemecanique del grupo Schneider Electric (o equivalente) con capacidad para el manejo de motores de 2 Hp, con un rango de variación de frecuencia entre los 0.5 a 400 Hertz, y para ser usado bajo tensión monofásica de 220V. Anexo A.11

Diagrama de Flujo para el Sistema de Transporte de la Cámara de Rayos X

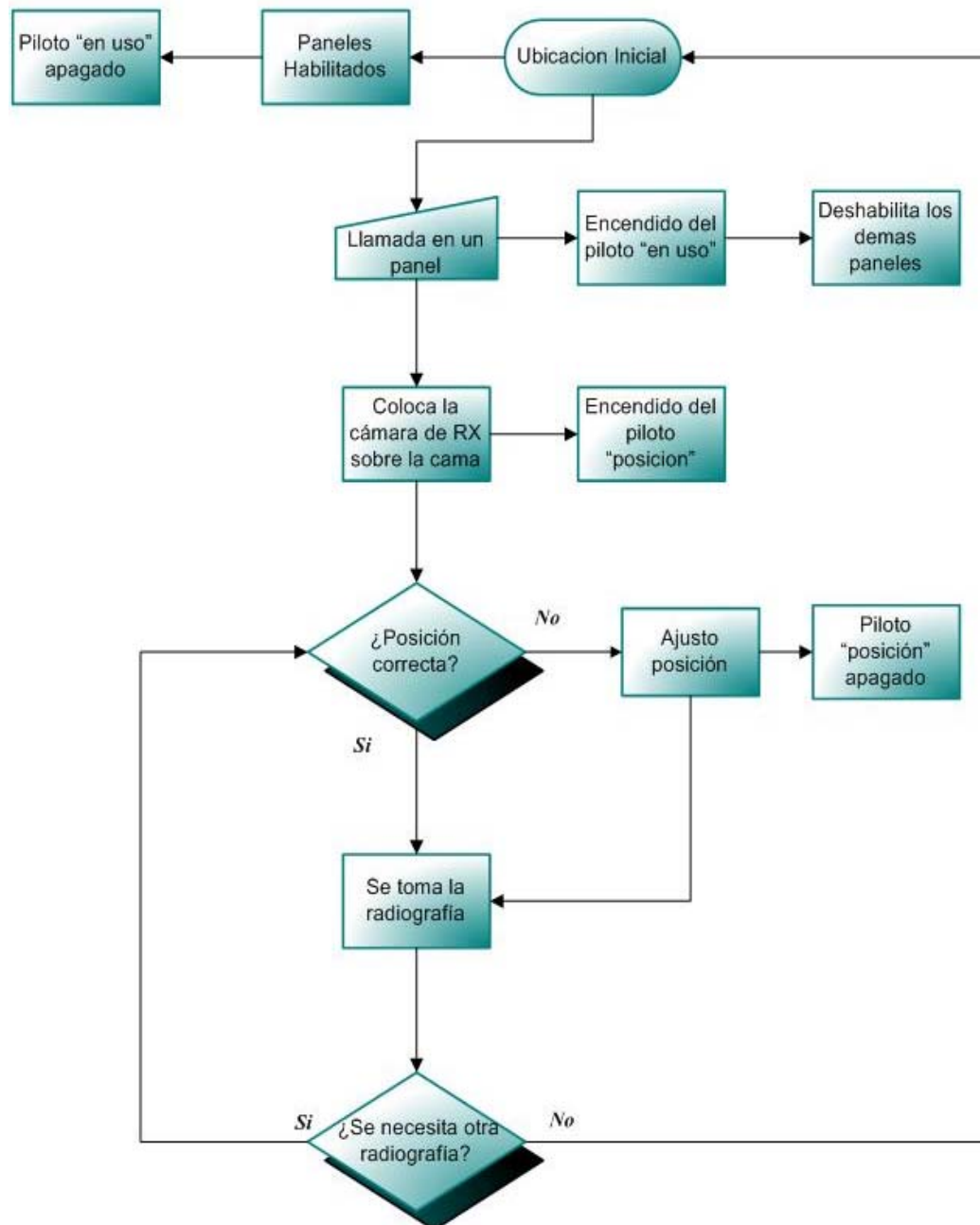


Fig.5.4 Diagrama de flujo para el sistema de transporte de la cámara de rayos X

CAPITULO VI
COSTO DE EQUIPOS

6.1 Costos de Equipos

En la Tabla que sigue a continuación (Tabla 6.1), se podrán observar una lista de precios aproximados de los elementos que conforman el Sistema diseñado. Es importante señalar que en la misma no incluimos transporte, ni de instalación de los equipos, para ello se estimó un 15% adicional, que representaría los imprevistos en la realización del proyecto.

Descripción del producto	Unidad	Precio/Unidad [Bs/U]	Precio Total [Bs]
Barras de acera e = 3mm	4	1.100	4.400
Lámina de acero 4mm	1	11.331	11.331
Lámina de Aluminio 1 mm	1	56.668	56.668
Tocho para eje roscado	1	4.500	4.500
Tocho para piñon	1	750	750
Piñón	11	6.000	66.000
Mecanizado		75%	107.736.75
Cable de acero	2	1.860	3.720
Cadenas	36	11.000	396.000
Cojinete	1	23.000	23.000
Garruchas	10	7.500	75.000
Lámina de baquelita	1	457.600	457.600
Motor de 1,7 HP	3	220.000	660.000
Perfil cobre cadena	18	1.860	33.480
Perfil R 30 D	45	1.860	83.700
Pernos	48	65	3.120
Refuerzos	4	465	1.860
Rodamiento Piñón Final	2	6.500	13.000
Rodamiento Piñón Loco	9	2.300	20.700
Soporte Aéreo	1	44.500	44.500
Tambor	1	15.000	15.000
Varios	-	-	300.000
Imprevistos		10%	238.206,575
Total en materiales para el diseño			2.620.272,325
PLC			1.776.000
Variador de Velocidad			791.384
TOTAL			5.187.656,325

El costo del proyecto diseñado da una totalidad de 5.187.656,325 Bs, tomando en cuenta que el equipo sugerido para la instalación de Rayos X cuesta al rededor de los 75 millones de bolívares, los costos obtenidos son razonables.

6.2 Mantenimiento de Equipos

Todo equipo en general necesita un mantenimiento, sin embargo el tipo de mantenimiento requerido para el sistema diseñado es muy simple, debido a que trabaja con cargas suaves y a pocas frecuencias, sin embargo tiene elementos móviles, como los son las cadenas.

El mantenimiento de las cadenas es básico y para la realización del mismo se pueden seguir los siguientes pasos:

- Limpiar perfectamente el mecanismo a lubricar, procurando eliminar todo resto del viejo lubricante y de esa forma facilitar la adherencia de la película seca.
- Aplicar el lubricante, haciendo uso de una brocha pequeña.
- Dejar secar y volver a realizar otra aplicación.
- Verificar que las cadenas tenga la tensión adecuada.

Este mantenimiento se debe realizar con una frecuencia no mayor de 8 horas de trabajo del sistema.

Adicional al mantenimiento de la cadena, se debe hacer mensualmente una limpieza general a todo el equipo: sistema de Control (PLC), Variador de Velocidad, Motores, etc .

CONCLUSIONES

Conclusiones

- Se lograron los objetivos planteados consiguiendo un diseño satisfactoria de un mecanismo para el transporte de la cámara de rayos X dentro de la Unidad de Emergencias del Hospital Clínico Universitario
- La camas de la sala se han rediseñado de manera que al implantarse el sistema de transporte las mismas sean aptas para el proceso radiográfico.
- Se logro en su mayoría utilizar piezas y elementos análogos con la finalidad de disminuir la variedad de los mismos en cuanto a sus dimensiones marcas etc., logrando de esta manera reducir costos y facilitando la adquisición de loa materiales en el momento de la construcción
- Se logro seleccionar un sistema de automatización por PLC que cumple con los requerimientos del sistema. Este se selecciono sobre un sistema de lógica cableada debido a que el PLC le da versatilidad de programación proporcionando así gran capacidad de adaptación al sistema de transporte en caso de una futura expansión del número de camas presentes en la sala
- En este trabajo se consideraron en todo momento las características geométricas de las piezas para poder facilitar su ensamblaje y evitando así los problemas de espacio que se puedan presentar en el momento de la construcción.

RECOMENDACIONES

Recomendaciones

- Se recomienda incluir los equipos eléctricos del proyecto al sistema eléctrico del hospital de manera que en caso de que exista un fallo de energía eléctrica, el sistema eléctrico de emergencias que use el hospital sea capaz de suministrar suficiente energía para poder concluir su proceso y llevar el equipo al lugar destinado donde estará cuando no se encuentre en uso.
- Para la colocación de los apoyos se recomienda, fijar al techo tres perfiles (IPN o Conducen), los cuales estarán colocados paralelos a las vigas principales. Dichos perfiles se deben fijar al techo mediante planchas y pernos, utilizando ramplugs expansivos.
- Se recomienda la aplicación del plan de mantenimiento elaborado, para incrementar la vida útil de los equipos utilizados
- Se recomienda al personal de la sala velar por el cuidado y mantenimiento del sistema, evitando el uso inadecuado y el mal manejo del equipo.
- Se recomienda utilizar un recubrimiento, para ello se sugiere un producto de la Sherwin Williams, el cual es: Fondo epóxico línea B72, acabado Hi solids B62. De esta manera darle un acabado final al sistema, y una máxima protección debido a que es de larga durabilidad y resistente a la corrosión y a la humedad.

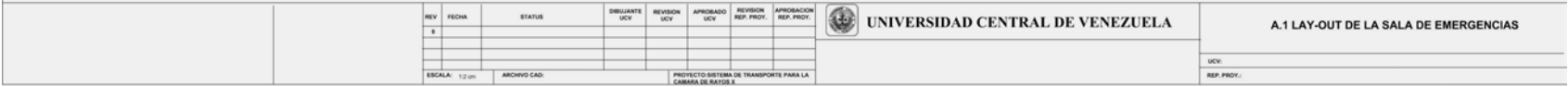
BIBLIOGRAFÍA

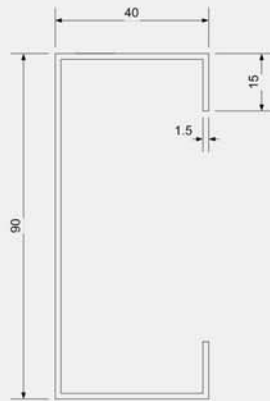
Bibliografía

- . BEER, Ferdinand y E. Russell Johnston, Jr. **“Mecánica de Materiales”**. Santiago de Bogota, Colombia . Editorial McGraw-Hill.1993.
- . JONES, Christopher. **“Metodos de diseño”**. Barcelona, España. Editorial Gustavo Gili, S.A. 1982.
- . MILANI, Rodolfo. **“Diseño para Nuestra Realidad”**. Caracas, Venezuela. Editorial Equinoccio. / S.F
- . MOTT, Robert. **“Diseño de Elementos de Maquinas”**. México. Editorial Prentice. 1995.
- . NORTON, Robert L. **“Diseño de maquinaria; una introducción a la síntesis y al análisis de mecanismos y máquinas”**. México. Editorial McGraw-Hill.
1995
- . PORRAS C. A y Montanero M., A. **“Autómatas programables, fundamento, manejo, instalación y practicas”**. Madrid, España. Editorial McGraw-Hill. 1991.
- . ROARK, Raymond J. **“Formulas de Resistencia de Materiales, Esfuerzos y Deformaciones”**. Madrid, España. Editorial Aguilar de Madrid, S.A. 1952.

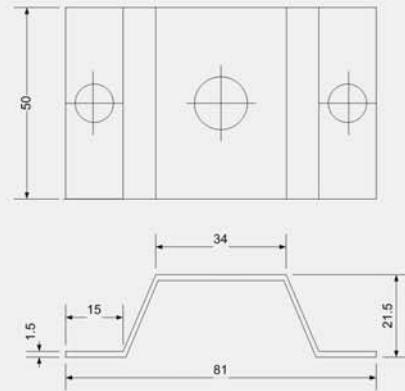
- . SHIGLEY, Joseph E. y Charles R. Mischke. **“Diseño en Ingeniería Mecánica”**. México. Editorial McGraw Hill Interamericana de México, S.A. 1990.

- . SIMON, Andre. **“Autómatas programables”**. Madrid, España. Editorial Paraninfo. Segunda Edición. 1991.

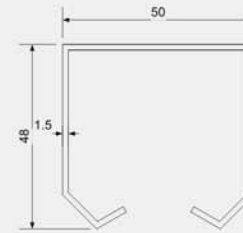




Cubierta de Cadena



Refuerzo
(Vinculo viga principal-viga secundaria)



Perfil R.30 D
(Viga principal y viga secundaria)

REV	FECHA	STATUS	DISEÑANTE UCV	REVISOR UCV	APROBADO UCV	REVISOR REP. PROY.	APROBACIÓN REP. PROY.
1							

ESCALA: 1:5 (m)

ARCHIVO CAD:

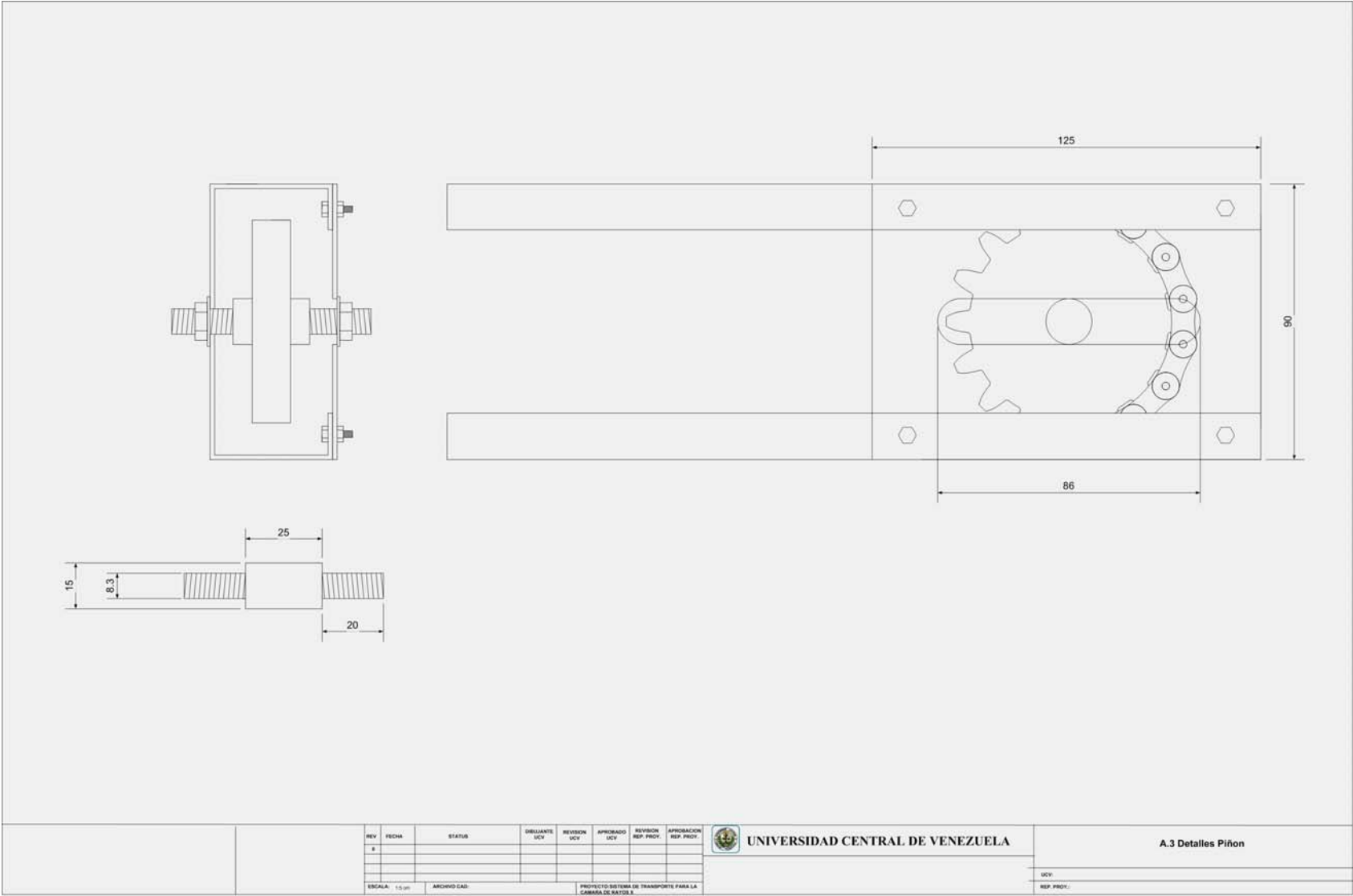
PROYECTO SISTEMA DE TRANSPORTE PARA LA
CAMARA DE BATER X

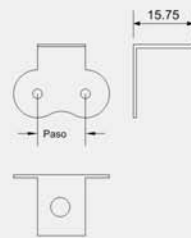


UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA

A.2 Perfiles

UCV:
REP. PROY.:

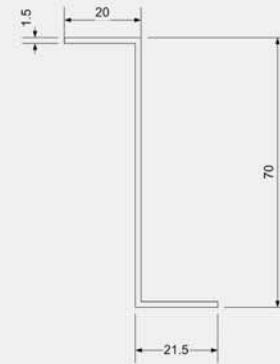




Conector de cadena



Vinculo Viga principal-Viga secundaria



Vinculo Viga principal-Sistema de Elevación

REV	FECHA	STATUS	DISEÑANTE UCV	REVISOR UCV	APROBADO UCV	REVISOR REP. PROY.	APROBACIÓN REP. PROY.
1							

ESCALA: 1:5 (m)

ARCHIVO CAD:

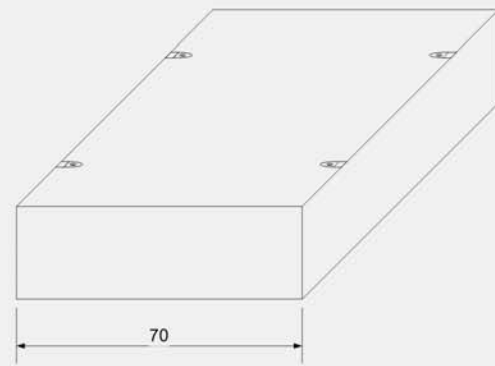
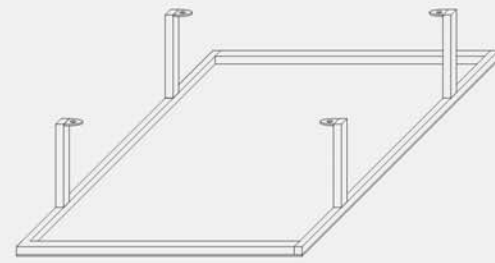
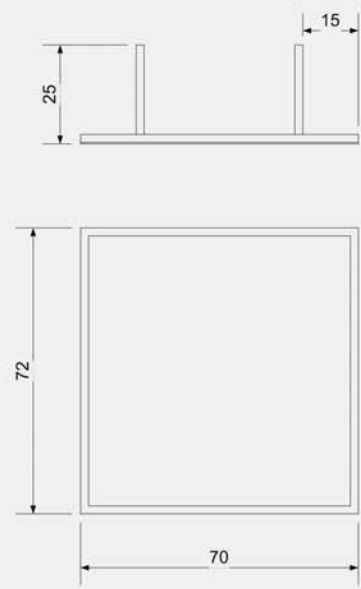
PROYECTO SISTEMA DE TRANSPORTE PARA LA
CAMARA DE BATER X



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA

A.4 Conectores

UCV:
REP. PROY.:



REV	FECHA	STATUS	DIBUJANTE UCV	REVISOR UCV	APROBADO UCV	REVISOR REP. PROY.	APROBACION REP. PROY.
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							
32							
33							
34							
35							
36							
37							
38							
39							
40							
41							
42							
43							
44							
45							
46							
47							
48							
49							
50							
51							
52							
53							
54							
55							
56							
57							
58							
59							
60							
61							
62							
63							
64							
65							
66							
67							
68							
69							
70							
71							
72							
73							
74							
75							
76							
77							
78							
79							
80							
81							
82							
83							
84							
85							
86							
87							
88							
89							
90							
91							
92							
93							
94							
95							
96							
97							
98							
99							
100							

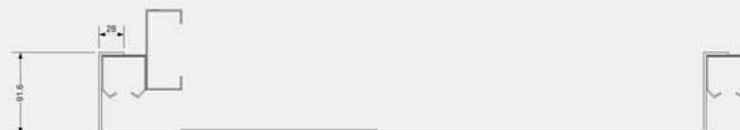


UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA

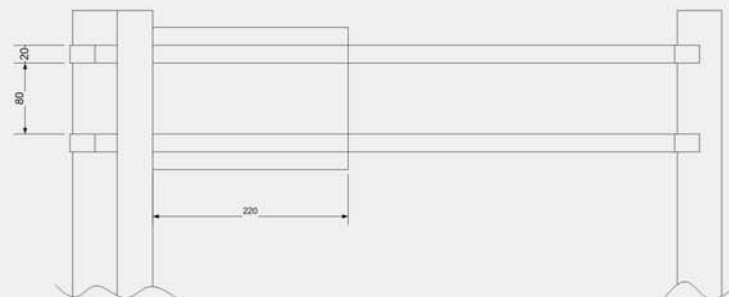
A.5 Detalles Caja

UCV:
REP. PROY.:

Vista Frontal



Vista Superior



REV	FECHA	STATUS	DISEÑADOR	REVISOR	APROBADO	REVISOR	APROBACION
1			UCV	UCV	UCV	REP. PROY.	REP. PROY.

ESCALA: 1:20 cm

ARCHIVO CAD:

PROYECTO SISTEMA DE TRANSPORTE PARA LA CARRERA DE SECTORES



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA

A.6 Barras Soportes para el Motor

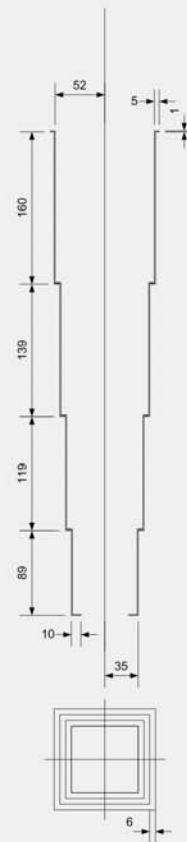
UCV:

REP. PROY.:

Vista interna
del cilindro



Ensamble



Atornillado a la
caja



Cilindro 1

Cilindro 2

Cilindro 3

Cilindro 4

Cilindro base cuadrada
de 1mm de espesor

REV	FECHA	STATUS	ELABORANTE UCV	REVISOR UCV	APROBADO UCV	REVISOR REP. PROY.	APROBACION REP. PROY.
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							
32							
33							
34							
35							
36							
37							
38							
39							
40							
41							
42							
43							
44							
45							
46							
47							
48							
49							
50							
51							
52							
53							
54							
55							
56							
57							
58							
59							
60							
61							
62							
63							
64							
65							
66							
67							
68							
69							
70							
71							
72							
73							
74							
75							
76							
77							
78							
79							
80							
81							
82							
83							
84							
85							
86							
87							
88							
89							
90							
91							
92							
93							
94							
95							
96							
97							
98							
99							
100							



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA

A.7 Planos del Sistema Telescopico

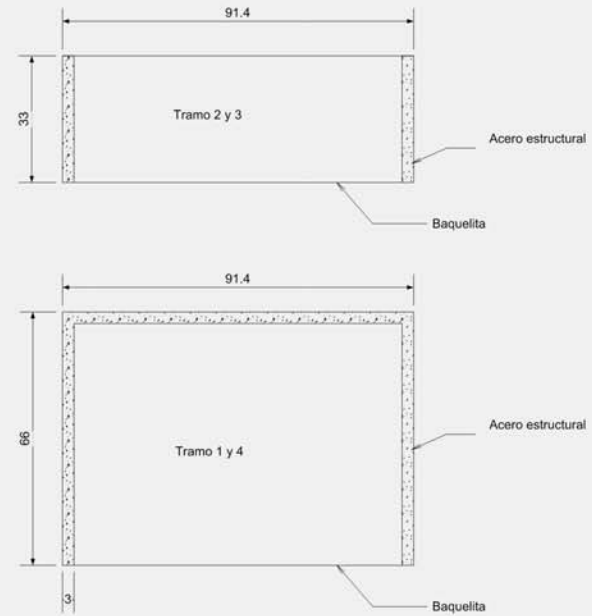
ESCALA: 1:2 cm

ARCHIVO CAD:

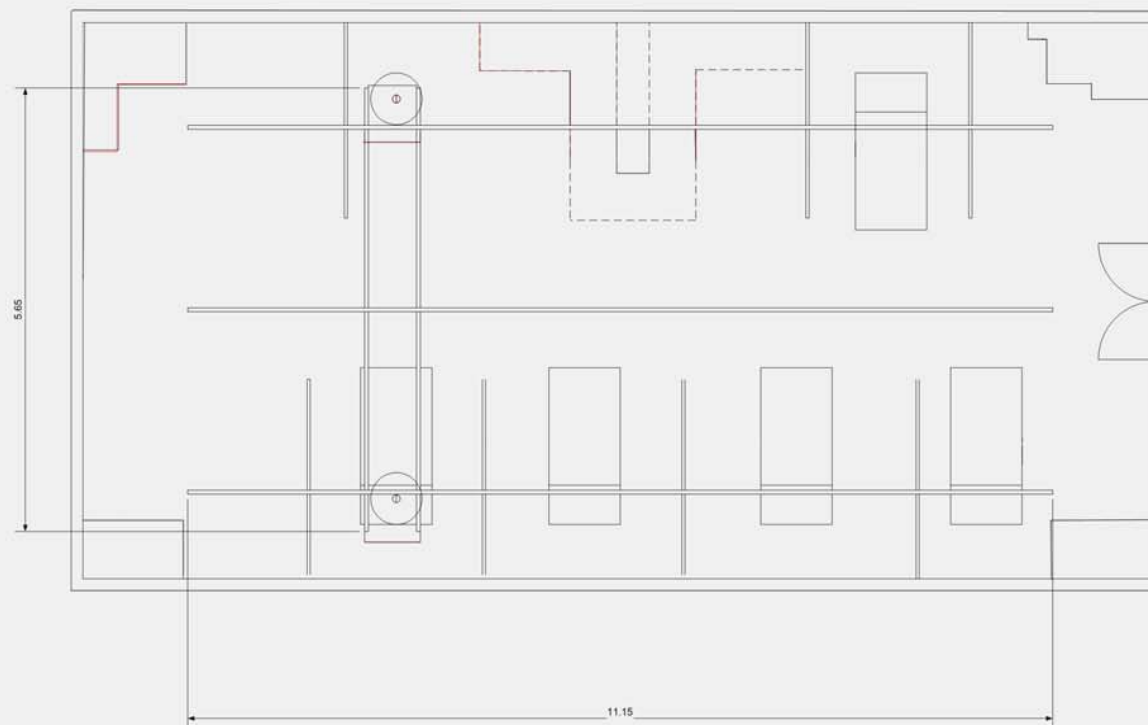
PROYECTO SISTEMA DE TRANSPORTE PARA LA
CAMARA DE KATOL A

UCV:

REP. PROY.:



UCV
REP. PROJ.



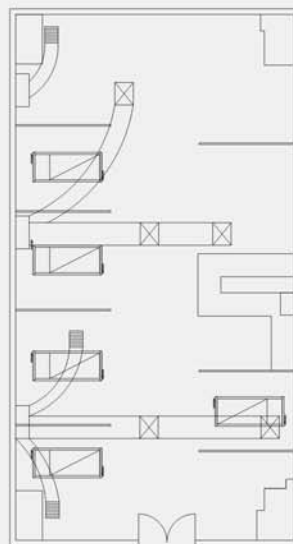
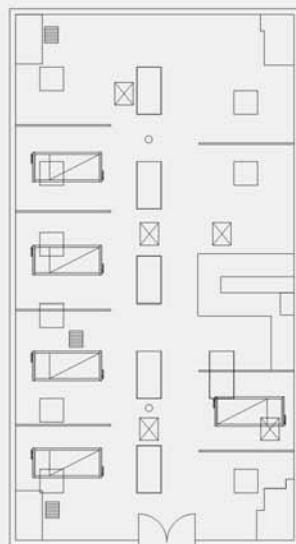
REV	FECHA	STATUS	DISEÑANTE UCV	REVISOR UCV	APROBADO UCV	REVISOR REP. PROV.	APROBACION REP. PROV.
1							
ESCALA: 1:50			ARCHIVO CAD:		PROYECTO SISTEMA DE TRANSPORTE PARA LA CAMBIA DE RAYOS X		



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA

A.9 Plano de la Sala con el Sistema de Transporte

UCV:
REP. PROV.:



-  DIFUSORES
-   PANELES DE LUZ
-  EXTINTORES
-  RETORNO

REV	FECHA	STATUS	BRILLANTE UCV	REVISION UCV	APLICADO UCV	REVISION REP. PROY.	APROBACION REP. PROY.
2							
ESCALA: 1:50 m			ARCHIVO CAD: PROYECTO SISTEMA DE TRANSPORTE PARA LA CAMARA DE KATOLIA				



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA

A.10 Distribucion del sistema Electrico y de Aire Acond.

UCV
REP. PROY.