

625.11  
G186  
c.3

DISEÑO DE UNA NUEVA CENTRAL DE MANTENIMIENTO  
PARA LOS FERROCARRILES DEL ESTADO EN EL TERMINAL  
DE ELOY ALFARO (DUEÑA)

T E S I S   D E   G R A D O

INGRESADO A INVENTARIO CON  
ORD. N.º D-1554

Previa la obtención del Título  
de INGENIERO MECANICO

Presentado por  
MAXIMO ALFREDO CAMPAÑA MIRANDA  
Egresado de la Escuela Superior  
Politécnica del Litoral

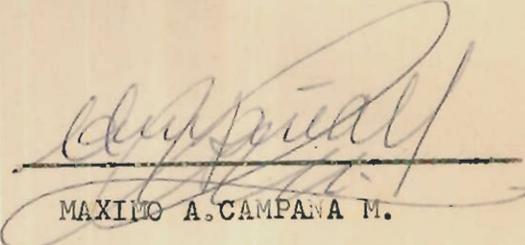
Guayaquil, Noviembre de 1.967



SECRETARIA

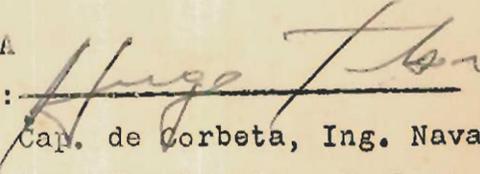
DISEÑO DE UNA NUEVA CENTRAL DE MANTENIMIENTO  
PARA LOS FERROCARRILES DEL ESTADO EN EL TERMINAL  
DE ELOY ALFARO

AUTOR :

  
MAXIMO A. CAMPANA M.

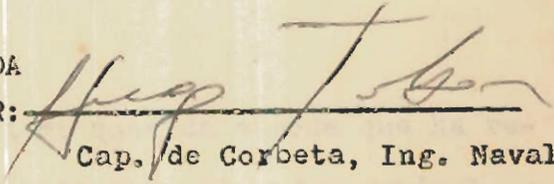
CERTIFICADA

FOR:

  
Cap. de Corbeta, Ing. Naval  
Arq. Naval e Ing. Nuclear  
HUGO TOBAR V  
DIRECTOR DE TESIS

ACEPTADA

FOR:

  
Cap. de Corbeta, Ing. Naval  
Arq. Naval e Ing. Nuclear  
HUGO TOBAR V.  
DIRECTOR DEL DEPARTAMENTO  
DE INGENIERIA MECANICA

Para mis adorados padres, Carmen y Medardo dedico mi Tesis de Grado, quienes con su esfuerzo, aliento y devota conducción encauzaron mis anhelos hasta culminar la carrera que me propuse. Mi agradecimiento y amor de hijo para ellos.

LA RESPONSABILIDAD POR LOS HECHOS,  
IDEAS Y OPINIONES EXPRESADAS EN LA  
TESIS, CORRESPONDE SOLO AL AUTOR.



SECRETARIA

A mi querida esposa que ha re-  
presentado mi mejor estímulo pa  
ra la cristalización de este i-  
deal y que con su ayuda pude ma  
terializar esta obra, igualmen-  
te le dedico mi Tesis de Grado.



SECRETARIA

LA RESPONSABILIDAD POR LOS HECHOS,  
IDEAS Y DOCTRINAS EXPUESTAS EN LA  
TESIS, CORRESPONDEN EXCLUSIVAMENTE  
AL AUTOR.

(ARTICULO VI.- REGLAMENTO DE EXAME  
NES Y TITULOS PROFESIONALES).

## AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mi agradecimiento al concluir esta Tesis a todos mis profesores que me dieron la oportunidad de aprovechar sus enseñanzas, en los muchos años de estudios, forjándome el carácter de un futuro profesional.

Igual agradecimiento a todos los funcionarios y personeros de la Empresa de Ferrocarriles del Estado que voluntaria y espontáneamente se prestaron a facilitarme sus aportes y en forma particular al Ing. Washington Bustamante por su contribución con sus valiosos conocimientos, producto de una larga experiencia en esta Empresa.

En especial mi reconocimiento de gratitud para el Ing. Hugo Tovar V., por sus valiosas sugerencias y críticas constructivas, orientándome en la tecnología moderna hasta concluir satisfactoriamente éste trabajo.

Máximo A. Campaña M.



SECRETARIA

## INDICE DE MATERIAS



SECRETARIA

### I.- INTRODUCCION:

- 1.1. Antecedentes.
- 1.2. Elementos que constituyen el Proyecto.
- 1.3. Estudios preliminares y factibilidad de la Instalación

### II.- ORGANIZACION FUNCIONAL:

- 2.1. Organigrama Funcional.
- 2.2. Distribución administrativa.
- 2.3. Talleres.

### III.- INSTALACION DE TALLERES:

- 3.1. Estudio del terreno.
- 3.2. Distribución de maquinarias.
- 3.3. Cimentación de máquinas.
- 3.4. Energía de acople en cada una de las máquinas.

### IV.- PODER Y SERVICIO DE PLANTA:

- 4.1. Estudio Termo-Eléctrico.
- 4.2. Servicio de Combustible.
- 4.3. Servicio de Agua.
- 4.4. Servicio de Aire.
- 4.5. Mantenimiento.

### V.- SEGURIDAD DE EMPRESA:

- 5.1. Enseñanza de la seguridad industrial.
- 5.2. Organización de comités de seguridad.
- 5.3. Funcionamiento de la prevención de accidentes.

VI.- ESTUDIO ECONOMICO DEL PROYECTO:

- 6.1. Costos de Materiales Directo.
- 6.2. Costos de otros equipos, mobiliarios y enseres.
- 6.3. Costos de Depreciación.
- 6.4. Costos de Mano de Obra Directa.
- 6.5. Costos de Mano de Obra Indirecta.
- 6.6. Costos de Suministros.
- 6.7. Gastos Generales de Producción.
- 6.8. Activo Fijo.
- 6.9. Capital de Operación.
- 6.10. Inversión Total prevista.

VII.- ANEXOS

BIBLIOGRAFIA.



SECRETARIA

I.- INTRODUCCION



SECRETARIA



SECRETARIA

## 1.1. ANTECEDENTES.-

Ha pasado poco más de medio siglo desde la aparición del ferrocarril en nuestro medio. .

Los progresos de la ciencia y de la técnica en éste período introdujeron fundamentales modificaciones en las estructuras sociales.

Para bien orientar las ideas que expliquen ésta tendencia, conviene recordar la vieja historia del nacimiento del ferrocarril. Cuando no existía aquel se llevaba una vida recogida, en que se viajaba poco y a cortas distancias. Localidades poco extensas se bastaban así mismo en lo necesario y sólo personas de buenos recursos pretendían obtener lo que se producía en lugares más apartados. La construcción del ferrocarril revolucionó éste modo de vivir, facilitó el viaje a centenares de kilómetros, distancias entonces fabulosas y permitió el intercambio de volúmenes importantes de mercancías, lo que trajo consigo el desarrollo de la agricultura y el progreso industrial; éstas posibilidades marcan el hito más destacado que puede señalarse en la evolución económica de la existencia humana.

Iniciado con el ferrocarril éste nuevo y más intenso modo de vivir, su ritmo se ha ido acelerando hasta llegar al de hoy, cuando en un día se pretende hacer lo que an-

taño se tardaba un mes y se trabaja en cualquier lugar con materias que antes eran en él prácticamente inasequibles. La consecuencia fundamental de ésta intensa actuación ha sido la mejor utilización del factor hombre, la creación de innumerables actividades de trabajo ha permitido a cada individuo obtener de sí mismo un rendimiento con el que no podía ni soñar, produciéndose así el magnífico efecto de revalorizar el tiempo de que dispone cada uno, con gran beneficio para sí y para la comunidad.

Como consecuencia ha nacido el ardiente deseo de economizar tiempo en cada operación que haya de realizarse i de ahí surgen hoy la mecanización y la racionalización industria - les y el imperativo de abreviar los plazos de transporte y de cosas.

El ferrocarril se ve acuciado por éste ritmo febril que sigue difícilmente con sus medios tradicionales y eso hace que, para conservar una clientela que antes nadie le disputaba, tenga la imperiosa necesidad de modernizarse. Un avión alcanza en una hora distancias para las que el tren necesita un día. El camión al evitar operaciones complementarias de estación a domicilio y ofrecer gran flexibilidad de circulación, también ahorra tiempo. El disfrute de ésta aceleración de servicio cuesta dinero, pero éstos gastos llegarán a ser renumerados si justifican el rendimiento que pueda obtenerse del tiempo que con ellos se libera.

Estas causas generales y profundas son básicas de la crisis

que sufre nuestro ferrocarril y debe reflejar éstos cambios frente a la competencia que le presentan otros medios de locomoción en el transporte de pasajeros y carga. Esta disminución de la importancia del transporte ferroviario, no significa ni mucho menos, una negación absoluta de los ferrocarriles en su futuro. Evidentemente se hace necesario una modernización y aprovechamiento máximo de sus características para ofrecer a los usuarios un servicio de alta eficiencia y economía.

Además es necesario considerar que desde el punto de vista estratégico el ferrocarril es el medio más seguro como transporte nacional y es por ésta razón que en muchos países el gobierno subenciona los gastos del ferrocarril hasta en un 50%\*.

Los Ferrocarriles del Estado (FF.CC. del Sur) enlazan la ciudad de Quito, situada a 2777 metros sobre el nivel del mar con Eloy Alfaro que se encuentra al nivel del mar, a una distancia entre sí de 452 kilómetros; opera y sirve a siete provincias: Guayas, Cañar, Azuay, Chimborazo, Tungurahua, Cotopaxi y Pichincha; cubriendo el 26% de la extensión e incluyendo el 50% de la población del Ecuador.

La topografía por donde pasa el ferrocarril es sumamente accidentada, desde las cumbres del Cotopaxi, Urbina

---

\* RENFE (Red Nacional de Ferrocarriles Españoles, 1961

y Cajabamba, hasta los valles de clima semitropical entre Bucay y Eloy Alfaro.

Como resultado de experiencia en ferrocarriles montañosos, principalmente Europeos, se ha llegado a conclusiones que si se requiere una fuerza motriz nueva la alternativa más apropiada del vapor es la tracción diesel.

Es apreciable que las locomotoras de vapor debido a su construcción sencilla y fácil mantenimiento tienen ciertas ventajas, pero pueden ser sobrepujadas por la eficiencia considerablemente aumentadas obtenidas por una locomotora diesel.

De ésta forma es que la dieselización constituye una solución ventajosa a pesar de que éste proceso presenta diversos problemas que abarcan varios aspectos. Entre éstos tienen gran importancia aquellos que involucran el aprovechamiento de talleres, teniendo en cuenta el máximo posible de material ya existente, que sirve para la reparación y mantenimiento de las máquinas a vapor, así como la adecuación del personal a sus nuevas tareas; el mantenimiento y la reparación que necesitan las locomotoras diesel a efecto de estar en condiciones operativas requiere técnicas y aparatos más modernos y avanzados que los utilizados por las locomotoras a vapor y con objeto que la fuerza motriz diesel pueda ser empleada de manera económica es esencial de que se reg

lizen los servicios de mantenimiento en forma correcta y adecuada dentro de los intervalos de tiempo establecidos por el fabricante, incidiendo ésto en un máximo provecho y servicio útil en la producción de un servicio de transporte en masa de creciente volumen y decreciente costo ya que el transporte a menor costo es fundamental elemento de la expansión económica.



SECRETARIA

1.2. ELEMENTOS QUE CONSTITUYEN EL  
PROYECTO.-

La Antigua Central de Mantenimiento (anexo N<sup>o</sup> 1) ubicada inmediatamente al norte y este del terminal del ferrocarril del sur, se halla compuesto de un conjunto de talleres en forma desordenada, debido principalmente a la falta de planificación técnica, por no prever las facilidades del momento actual que redundan en mejor eficiencia en el rendimiento de talleres; éstos se componen de naves cubiertas pero sin paredes; en general son de modelos sumamente anticuados y sus máquinas herramientas constituyen antigüedades con transmisión de correa y de no haber sido por la destreza de los operarios que han venido empleando éstas máquinas en años pasados, no habría podido haber virtualmente producción alguna, siendo que se encuentra todo el equipo gastado no es muy distante la fecha en que una reparación resulte de todo punto de vista imposible.

En el anexo N<sup>o</sup> 2 se indica la distribución de los diferentes departamentos que forman la Central de Mantenimiento e igualmente su ubicación con respecto a la población de Eloy Alfaro; el concepto de contribución se lo incluye en dos grandes renglones principales: producción y montaje.

La producción comprende la aplicación de reglas técni-

cas que aseguran el planeamiento y control efectivo de la utilización de los recursos humanos y materiales, coordinando las necesidades de los varios talleres, reduciendo los costos de producción y facilitando el análisis para estabilización de las altas y bajas de la producción, incluye el sistema de maquinarias y elementos para confeccionar piezas de repuestos que se utilizan en el sistema rodante y para sus propias máquinas.

El montaje comprende todas las construcciones y reparaciones de locomotoras, coches, carros, unidades de trabajo etc....., éste equipo estará sujeto a inspecciones periódicas y conforme acumulen kilómetros u horas de recorrido, las inspecciones y programa de reparaciones serán más severos, pues es lógico que habrá mayor número de piezas gastadas que exijan reposición o arreglo.

El programa de mantenimiento en las unidades propulsoras se escalona de acuerdo a su kilometraje, las que una vez cumplido el mismo ingresan a talleres para los fines pertinentes.

Se seguirá la siguiente clasificación para las reparaciones:

1.2.1. Cada 8.000 Kmts.

Inspección del motor (cárter, pistones, cilindros, mecanismos de los cabezales con el motor en vacío)

Filtros de aire.

Analizar aceite (por dilución, agua etc).

Controlar sistema de enfriamiento.

Cambiar filtros de aceite.

Cambiar filtros de carrocería.

Parte eléctrica (limpieza del equipo eléctrico, estático y rotativo y revisión de conexiones ).

Caja de piñón y corona.

Caja de punta de eje (mantener el nivel del tapón)

Tripa del velocímetro (lubricar).

1.2.2. Cada 16.000 Kmts.

Cambiar y limpiar filtros de combustible.

Limpiar filtros del compresor y coladores.

Filtros del motor (baño de aceite).

Revisar fuelle del motor de tracción (alineación, fugas, placas de fricción y brazos).

Sopleter radiador de agua.

Drenar condensación del tanque de combustible.

Parte eléctrica (controlar motores, generadores, terminales y escobillas).

Gabinete eléctrico (inspección visual y limpieza de contactores de potencia, inversores, contacto de arranque, relays y llaves).

Acelerador (controlar).

Hacer prueba de movimiento de la unidad.

Lavar cajones de baterías y controlar nivel y den

sidad del electrolito.

Lubricación (bomba de agua).

Centro de bogie.

Compresor (filtro de aire).

Terminales de baterías.

1.2.3. Cada 48.000 Kmts.

Limpiar coladores de succión de aceite, coladores de presión de aceite, cárter, cambiar filtro de aceite, limpiar y revisar válvulas del circuito, de lubricación.

Controlar calibración y operación de dispositivo de sobrevelocidad, ajustadores hidráulicos .

Ventilador de agua (controlar termostatos, embra - gues y cañerías).

Limpiar y calibrar (governador del compresor, manó - metros y vacuómetros y válvulas de seguridad).

Bogies y timonerías (revisar bielas y levas, colga - dores, pernos y cardanes).

Parte eléctrica (regulador de carga, sello del mo - tor del ventilador de agua).

Lubricantes (cambiar aceite del cárter del motor, del compresor).

Cambio de aceite de las cajas de engrane.

1.2.4. Cada 96.000 Kmts.

Filtro de aire del compresor (limpieza y cambio de

aceite).

Limpieza e inspección de válvulas del compresor.

Limpiar válvulas del exhaustor.

Reacondicionar inyectores.

Parte eléctrica (prueba de operación y calibración de medidor indicador de carga, interruptor ), prueba de alarma, indicador de presión de aceite, relay límite de velocidad).

Sacar batería (limpiar y pintar las cajas de batería)

Contacto interruptor de reserva.

Cambio de aceite al gobernador (mantener nivel).

Interruptores de presión y temperatura (aceitar).

Engrasar cabeza del velocímetro.

Lubricación del incrementador de velocidad (ventilador de enfriamiento).

Caja de engranajes.

Probar los ajustes del control Diesel (inyector, cremalleras de inyector, revoluciones del motor, válvula piloto).

Parte eléctrica (relay de patinamiento de rueda).

Probar ajuste de los relays en los circuitos de transición automática.

#### 1.2.5. Cada 192.000 Kmts.

Lectura de compresión de cilindros.

Renovar diafragma de presión y alta succión de acei-

te en el gobernador del motor diesel.

Enfriador de aceite (sacar, limpiar y probar).

Probar cojinetes de los motores de tracción (armadura, cojinetes de suspensión).

Prueba hidrostática de los depósitos principales.

Válvula de control de aire (limpieza y prueba, filtro de aire, válvula de retención, colector de impurezas, válvula doble de retención, regulador control de aire, válvula de alimentación).

Válvula magnética (limpiar e inspeccionar).

Probar aislaciones en el sistema de alto voltaje (motor de tracción, generador principal, cable de alto voltaje).

Cables descubiertos y bobinador (limpiar y reacondicionar).

Limpiar e inspeccionar velocímetro.

1.2.6. Cada 288.000 Kmts.

Mecánica (reacondicionar bomba de agua).

Revisar válvula del compresor de aire y exhaustor.

Probar desgaste del vástago de la válvula de alivio de aceite lubricante.

1.2.7. Cada 432.000 Kmts.

Conjuntos de cilindros (reemplazar los sellos, cambio de aros y pistones, limpiar cuerpos del motor, caja de aire y cárter de aceite).

Limpiar e inspeccionar cajas de ejes y rulimanes (magnaflux a los ejes con las pistas anteriores y coronas sacados).

Controlar el apriete de bulones.

Controlar alineamiento (generador principal, compresor de aire, incrementador de velocidad).

Reacondicionar ejes de propulsión y crucetas.

Eléctrica (reacondicionar bomba de combustible y motor).

Reacondicionar interruptores de control de temperatura y motor caliente.

1.2.8. Cada 576.000 Kmts.

Reacondicionar motor de tracción.

Embrague del ventilador de enfriamiento (fuelle, zapatas de fricción, sellos del rotor).

Compresor de aire.

Incrementador de velocidad y ventilador de enfriamiento (rulimanes, sellos).

Carrocería.

Tanque de combustible, tanque de agua, cajón de baterías.

Tren de engranajes conductores del generador auxiliar y árbol de levas

Impulsor de auxiliares (muelles elásticos).

1.2.9. Cada 768.000 Kmts.

Mecánica (collares de empuje, cojinetes principales inferiores).

Sopladores del motor.

Governador del motor.

Rulimanes del generador principal.

Magnaflux a las coronas de engrane y piñones de los motores de tracción

### 1.3. ESTUDIOS PRELIMINARES Y FAC - TIBILIDAD DE LA INSTALACION.-

La nueva Central de Mantenimiento se proyectará en los terrenos del ferrocarril localizados hacia el norte del terminal ferroviario actual, en una distancia de mil me-  
tros; este lugar es propicio considerando que el incre-  
mento progresivo poblacional de Eloy Alfaro (Durán) es  
de 5.89 % anual, dentro de veinte años hacia 1984 ten-  
drá una población de 46964 habitantes (anexo N<sup>o</sup> 3) y  
con la actual tendencia de extensión hacia el este y a  
lo largo de la línea férrea; éste incremento incluye  
en un 2.8% de población en el supuesto caso de que el  
actual proyecto del Puente sobre el Río Guayas llegara  
a realizarse en los próximos cinco años.

Topográficamente el terreno es plano y la resistencia  
del suelo tiene un coeficiente promedio de 0.65 Kgs/cm<sup>2</sup>  
y por pruebas realizadas el nivel freático se encuen-  
tra 1.40 mts. de profundidad.\*

La superficie según se señala en anexo N<sup>o</sup> 2 será de  
31196.50 mts<sup>2</sup> dividida en la siguiente forma, una nave  
de 7956 mts<sup>2</sup> que comprende los talleres de carpintería,  
pintura, carrocería (construcción), mesa de transferen-  
cia, armadores (zanjas); otra nave de 5406 mts<sup>2</sup> que en

---

\* Valores del Estudio Cuenca del Río Guayas, tomado  
del estudio técnico del Profesor Ing. Riccardo Mo-  
randi.

laza los talleres de máquinas-herramientas, hojalatería, aire, el laboratorio para análisis de los materiales, electricidad, automotores y taller de carrocería para mantenimiento pesado; una tercera nave de 2890 mts.<sup>2</sup> que tiene las instalaciones para el taller de herrería compuestos por hornos de forjas y aparatos para moldear metales como son martillos de aire, prensas hidráulicas y recipientes para tratamientos térmicos de los mismos; una cuarta nave de 2625 mts.<sup>2</sup> para uso exclusivo del taller de fundición que tendrá los cubilotes y hornos para moldes que cubran con su producción las necesidades de la Central de Mantenimiento; una quinta nave de 2250 mts.<sup>2</sup> que servirá de bodega de materiales para el taller de fundición, bodega de materiales para el taller de herrería, planta de generación de energía eléctrica y el departamento para el servicio de la parrilla; aparte se tendrá el edificio que comprende las oficinas y almacenes principales con una superficie de 1991.25 mts.<sup>2</sup> que comprende una sola planta; el taller de carrocería para mantenimiento liviano de las unidades rodantes con un área de 6624 mts.<sup>2</sup>; la bodega de lubricantes y combustibles separados de los talleres por medidas de seguridad con una extensión de 367.5 mts.<sup>2</sup> finalmente la parrilla para mantenimiento de las unidades flotantes con 1086.75 mts.<sup>2</sup>

La Junta Cantonal de Agua Potable es la entidad responsable de proporcionar el servicio de agua, desde su planta de tratamiento en Lolita ubicada a 81.5 Kmts. de la población de Eloy Alfaro (Durán), fluye el agua por cañerías de 11" de diámetro con presión de 40 a 50 lbs/pulgadas<sup>2</sup> y velocidad de 3 pies/sgdo. la remuneración de éste servicio es de \$ 0.80 (sucres) por toneladas de agua consumida.

Los servicios de alcantarillado, energía eléctrica, teléfonos y telégrafos los puede instalar la propia Empresa de Ferrocarriles, contando para ello con todo lo necesario.

El conjunto de naves que constituyen la Central de Mantenimiento señaladas en el anexo N<sup>o</sup> 2 envuelven la totalidad de los talleres que son necesarios para las inspecciones corrientes, reparaciones menores, inspecciones completas y montajes de las unidades rodantes, asumiendo que éstas inspecciones se harán mensualmente como término medio y las reparaciones mayores anualmente.

## II.- ORGANIZACION FUNCIONAL

## 2.1.- ORGANIGRAMA FUNCIONAL.-

Dentro de la organización funcional de la Central de Mantenimiento se distinguen diferentes funciones con actividades inherentes a las jerarquías de cargo, éste conjunto se resume en el organigrama adjunto, habiéndose considerado los siguientes requisitos para su diseño:

- a) La organización se ha creado alrededor de funciones y no de individuos: esto es que se ha considerado las funciones principales que son normalmente necesarias.
- b) Las funciones que están estrechamente relacionadas se han puesto bajo un mismo espígrafe sea el caso de los talleres de automotores y electricidad, fundición herrería.
- c) Cada actividad está debidamente atendida y se pueden realizar adecuadamente todos los deberes implicados en la función de que se trate.
- d) Identificación clara y retención en la estructura de las funciones y subfunciones; sin permitir que dos individuos crucen líneas de autoridad y choquen delimitándose ésta autoridad y responsabilidad concretamente en la organización; así la Superintendencia General tiene a su cargo los superintendentes Auxilia-

res con funciones concretas y diferentes uno de otro, de tal manera que cada uno de ellos tiene su línea de autoridad y responsabilidad con respecto a sus funciones.

- e) Limitación de personas que dependen del ejecutivo; 6 o 7 personas en general, deben depender directamente de un individuo que ocupe el nivel de ejecutivo o subejecutivo, cuando éstos subordinados dirijan, a su vez el trabajo de otros empleados. Los departamentos auxiliares del Superintendente General-se dividen en secciones-Diferentes Talleres-al frente de cada uno de los cuales hay un ayudante capaz.
- f) El plan de organización se desarrolla teniendo la idea de una futura expansión de la Central de Mantenimiento y de modo que se eviten en un período posterior reorganizaciones a fondo.

SECRETARIA

TA  
CARPI  
PIN

## 2.2. D I S T R I B U C I O N A D M I N I S T R A T I V A.-

De acuerdo al inciso 2.1. la organización funcional para la Central de Mantenimiento corresponderá al departamento de fuerza motriz, quien se encargará de efectuar todas las reconstrucciones, reparaciones y el mantenimiento de todo el equipo rodante y flotante que pertenece a la empresa; estando todo esto bajo la dirección de la Superintendencia de Fuerza Motriz.

La Superintendencia de Fuerza Motriz constará:

2.2.1. Superintendente General: Con obligaciones de tener a su cargo todo el control técnico y administrativo de la Central de Mantenimiento; emisión de órdenes a los supervisores de los diversos talleres para la pronta y eficiente atención de todos los trabajos de reparación y mantenimiento, tanto en el equipo rodante, flotante y más obras que deba atender el departamento; autorizar y responsabilizarse del control de los materiales para la utilización en los diversos trabajos; responsabilidad de todos los trabajos de reparación y de la distribución de las jornadas de labor para cada sección u obra; tendrá a sus órdenes dos superintendentes generales ayudantes o auxiliares.

2.2.2. Superintendentes generales auxiliares o ayudantes: dirigirán los trabajos de armada de las máquinas propulsoras y más equipos que hayan adquirido los ferrocarriles; supervigilarán las reparaciones pesadas de las máquinas propulsoras y más equipos; vigilarán e instruirán a los jefes seccionales en las labores que deban desarrollarse; el primero de éstos supervigilará los talleres de: carpintería y pintura, carrocería con las secciones de construcción y mantenimiento liviano y pesado, zanjas, automotores, electricidad, aire y hojalatería; el segundo de éstos supervigilará los talleres de: fundición, herrería máquinas-herramientas, planta eléctrica y el dique para mantenimiento del equipo flotante.

2.2.3. Departamento de ingeniería: con las siguientes funciones: diseño y planeamiento de construcciones, estudios de tiempos, análisis de las operaciones, rutas de trabajo, perfeccionamientos para simplificar el trabajo, estandarizaciones, especificaciones, análisis de materiales, copias heliográficas, costos y gráficos estadísticos.

2.2.4. Secretaría: con obligaciones de: llevar la correspondencia epistolar y telegráfica del departamento; tener bajo su cuidado y custodia el ar

chivo del departamento, así como muebles y enseres de la oficina; elaborar mensualmente la proforma presupuestaria del departamento.

2.2.7. Departamento de prevención de accidentes: el ingeniero de prevención de accidentes tiene su equipo de supervisores de seguridad entre los propios trabajadores con funciones que comprenden: protección y ejercicios contra incendios, dispositivos de prevención de accidentes, inspección sanitaria, indemnizaciones, educación para prevenir accidentes de trabajo, control de costos de los accidentes, índices de frecuencia y gravedad de los accidentes.

2.2.6. Departamento de relaciones industriales: con obligaciones de organizar cursos de capacitación técnica, entrevistas sociales con los trabajadores, selección de los mismos, y designación de empleos, registros de empleados, investigación de las faltas de asistencia, primeros auxilios, salas de descanso, auxilio a los enfermos, restaurantes, alojamientos, clínicas, reconocimientos físicos.

### 2.3. TALLERES.-

Como se indicó en inciso 2.2.2. los talleres estarán bajo la supervisión directa de los superintendentes auxiliares o ayudantes, sin embargo cada uno de aquellos tendrán su supervisor con obligaciones conforme a continuación se especifican:

2.3.1. Del supervisor de los talleres de carpintería y reparación de unidades propulsadas tales como coches y jaulas, como también todo lo del ramo de carpintería que se hiciera necesario dentro de la Central de Mantenimiento; reparar y acondicionar en la mejor forma, todas las embarcaciones tanto en su cubierta como en su estructura, en las que su construcción fuere de madera; ordenará a los operarios pintores todos los trabajos que deben efectuar dentro de su ramo.

2.3.2. Del supervisor del taller de carrocería:

Distribuir la reparación de los coches que entran al taller en las diversas subsecciones, según la magnitud o carácter de la reparación; vigilar la reparación del equipo de coches, jaulas, que se encuentran en servicio; conservar en el mejor estado de funcionamiento todo el equipo neumático de frenaje como de rodamiento, llevar

un control de las modificaciones, reconstrucciones y el estado en que se encuentra cada unidad propulsada.

2.3.3. Del supervisor del taller de armadores (zanjas):

Dirigir la reconstrucción, reparación y mantenimiento de las unidades propulsadas; cuidar que las máquinas se mantengan en las mejores condiciones de servicio y limpieza, cuidando en forma especial que sus partes no pasen los límites de seguridad; vigilar las reparaciones ligeras o de mantenimiento en las unidades propulsoras.

2.3.4. Del supervisor del taller de automotores:

Reconstrucción y mantenimiento de todo el equipo de las unidades propulsoras además vigilará el buen mantenimiento y la reparación de los motores de las unidades flotantes, soldadoras, compresores y cualquier equipo de motores perteneciente a la Central de Mantenimiento; cuidará del perfecto funcionamiento de las citadas unidades y tratará de mantener en servicio el mayor número de ellas.

2.3.5. Del supervisor del taller de electricidad:

Controlar y dirigir las reparaciones del turbogenerador, plantas eléctricas de las unidades propulsoras, soldadoras y más equipos que el fe-

rocarril disponga, ordenar la carga y revisión de las baterías y acumuladores, sean éstos de automotores unidades flotantes o coches de pasajeros, efectuar las instalaciones eléctricas sean éstas de talleres, estaciones, unidades flotantes, coches y más equipos que el ferrocarril dispone.

2.3.6. Del supervisor del taller de aire:

Reparar el equipo neumático de frenos de las unidades propulsoras, autoferros y más unidades de tracción que estuvieren provistos de éstos elementos; observar que se encuentren en buen estado de funcionamiento inyectores, lubricadores, válvulas de seguridad, bomba de aire, manómetros llaves de vapor, tuberías de aire, agua y petróleo, las mismas que de no estar en óptimas condiciones deben someterlas a reparación; ordenar y vigilar los trabajos de gasfitería y plomería que deben realizarse en los talleres y pertenencias de la empresa dentro de la Central de Mantenimiento, cuidar de la limpieza de los tanques estacionarios de petróleo.

2.3.7. Del supervisor del taller de hojalatería:

Debe efectuar con su personal todos los trabajos concernientes al ramo de hojalatería y cordería

tales como chaquetas de las unidades propulsoras tubería de cobre en general y la confección de cualquier equipo especial en el que entre la hojalata o planchas de cobre; realizar los relle - nos de magnolia en bronce, cajas de unidades propulsoras y más partes de máquinas que llevan éste material.

2.3.8. Del supervisor del taller de fundición:

Proceder a la selección de los metales a fundir se en los cubilotes y clasificarlos para obtener los mejores resultados en las fundiciones; efectuar bajo su directa vigilancia las fundiciones, de hierro, bronce, aluminio y más metales que se hicieran necesario para la obtención de las distintas piezas que requieran los talleres para el servicio del ferrocarril; supervigilar el trabajo de los operarios tanto en el moldeo como en el momento de fundición y hacer las observaciones necesarias para la mejor obtención de las piezas a fundirse.

2.3.9. Del supervisor del taller de herrería:

Deberá tener bajo su responsabilidad todos los trabajos de forja que fueren necesarios, como también cualquier tratamiento térmico que se quiera dar a los metales; distribuir y vigilar

todas las obras de forja ha efectuarse para las unidades propulsoras, propulsadas y flotantes en general y también para todo trabajo de los otros talleres de la Central de Mantenimiento.

2.3.10. Del supervisor del taller de máquinas-herramientas:

Vigilar todos los trabajos que se efectuen en las máquinas-herramientas, bancos mecánicos, exigiendo celeridad y eficiencia; cuidar que los trabajadores cumplan con su jornada de labor y que el empleo de los materiales lo hagan, con la mayor economía y el mejor criterio, ciñéndose a las normas o diseños que les fueren entregados.

### III.- INSTALACION DE TALLERES

### 3.1. ESTUDIO DEL TERRENO:-

Los suelos tienen una amplia variación en su composición y en sus propiedades físicas. En un extremo están las arenas y gravas inertes, granulares y desprovistos de cohesión; en el otro están los suelos arcillosos de gran afinidad con el agua y con cohesión tanto en estado húmedo como en el seco.

Los suelos se llaman ligeros cuando predominan las partículas granulares y no tienen cohesión, y pesados cuando son predominantemente arcillosos y coherentes, sin que éstas denominaciones se refieran a su densidad, sino a la facilidad con que son trabajados con instrumentos agrícolas.

Los suelos que son objetos de estudio incluyen sedimentos transportados a su posición actual por los glaciares, el agua y el aire; estudiándose también suelos formados en el mismo lugar en que actualmente se encuentran por las fuerzas climáticas y biológicas a partir de rocas ígneas, sedimentarias o metamórficas, o bien de otros sedimentos sueltos previamente trasladados por los agentes anteriormente descritos.

Cada uno de éstos otros agentes tiene una capacidad de transporte diferente, lo cual influye de diversas maneras sobre los productos desplazados.

Un suelo natural se caracteriza no solamente por el tamaño y tipo de sus partículas componentes, sino también por el modo como están agrupadas.

En los suelos granulares o no coherentes, la porosidad, o bien su complemento, es decir, la porción del volumen total que está llena por las partículas sólidas, es suficiente en general como indicación de su estructura.

En las arcillas y limos en estado natural se forman estructuras secundarias peculiares, cuya destrucción puede alterar de modo decisivo las propiedades mecánicas del conjunto. La estructura puede haberse producido por floculación, como en las arcillas marinas, o haberse desarrollado a través de ciclos de humedad y sequedad, o bien de helada y deshielo. Existiendo la necesidad de emplear los suelos en su estado inalterado particularmente alterado o totalmente remodelado, hay que tener en cuenta la existencia de una estructura en el suelo.

Para este fin específico el suelo de la Central de Mantenimiento fué ensayado en condiciones lo más próxima posible a aquellas en las cuales va a ser usado; habiendo sido sometido a presiones gradualmente incrementadas en sus pruebas de carga, variable desde un mínimo de  $0.12 \text{ Kgs/cm}^2$  hasta un máximo de  $2.50 \text{ Kgs/cm}^2$  durante período mínimo de 110 horas hasta un máximo de 140 horas cada uno; estos se realizaron en pequeños pozos de 0.80

mtrs. a 0.90 mtrs. de profundidad en la capa de terreno inmediatamente debajo del estrato vegetal que servirá de soporte al previsto plano de excavación.

Los límites de consistencia o sea la resistencia mecánica en la zona de transición entre un estado sólido elástico y el verdaderamente líquido, llamados comunmente límites de Atterberg, indican que porcentaje de humedad (expresado a la materia seca) produce en el suelo un estado de consistencia determinado.

Si  $W_L$  es el límite líquido y que señala el tanto por ciento de humedad en el punto de transición entre los estados plásticos y líquidos;  $W_P$  es el límite plástico que corresponde a la transición sólida-plástico e  $I_P$ : el índice plástico que indica la gama de estados de humedad dentro de la cual el suelo muestra propiedades plásticas y la clasificación de acuerdo a la granulometría del suelo luego de la determinación de porcentajes de arcillas, arena y limo es de:

MH= Limos arcillosos inorgánicos.

OH= Arcillas orgánicas.

CH= Arcillas.

OL= Limos orgánicos.

El análisis de las muestras de terreno en el laboratorio demostró lo siguiente:

Siendo:

W= humedad en %

$\gamma$  = peso específico de la tierra

$\gamma_d$ = peso específico seco de la tierra sumergida  
(en agua).

$q_u$ = resistencia a la compresión simple.

Descripción Visual	Niveles Progresivos	Muestras	Profundidad	$W_L$ %	$W_P$ %	$I_p$	Clasificación.	W	$\gamma$ g/cm <sup>3</sup>	$\gamma_d$ g/cm <sup>3</sup>	$q_u$ kg/cm <sup>2</sup>
Arcilla jaspeada café claro	0.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		1	1.50-1.90	83.2	41.5	41.7	OH	62	1.59	0.98	0.89
	2	1.90-2.50	115.0	50.0	65.0	OH	77	-	-	-	
Arcilla limosa, gris verde	4.90	5	4.50-4.90	72.0	40.8	31.2	OH	76.6	1.53	0.87	0.42
		7	6.00-6.40	71.7	43	28.7	OH	104	1.42	0.68	0.48
	9	7.50-7.90	62.8	30.6	32.2	OH	109.5	1.43	0.68	0.40	
	10	7.90-8.50	80.0	33.4	46.6	CH	109.0	-	-	-	
	11	9.00-9.40	-	-	-	-	109.9	1.46	0.69	0.44	
	13	10.50-10.90	49.8	29.8	20	OL	96.2	1.46	0.74	0.44	
	12.40	15	12.00-12.40	56.5	40.9	15.6	MH	101	1.45	0.72	0.42

De éste análisis se deduce-anexo N<sup>o</sup> 4- que los terrenos comprendidos entre los niveles progresivos de 0.00 mts. a 4.90 mts. son terrenos vegetales de naturaleza arcillosa-parda y a medida que se incrementa el nivel cambia a color marrón claro, volviéndose verdosa en la parte alta, blanda y plástica

\* Valores tomados del Estudio Técnico de la Cuenca del Río Guayas, hecho por el Prof. Ing. Riccardo Morandi.

con nudos turbosos marrones siendo éstos óxidos de hierro difu-  
sos y grumos carbonosos. Entre los niveles progresivos de 4.90  
mts. los terrenos son de arcilla gris-verdosa, algo turbosa,  
blanda y plástica con numerosas capas delgadas de arena fina,  
habana, incoherente, siendo éstos filamentos con grumos carbo-  
nosos, el nivel freático en éstos terrenos se localizó a 1.40  
mts.

Concluyendo que tanto el grupo al que pertenece en la clasifi-  
cación como las pruebas para comprobar la condición del terre-  
no en el sitio, pone inmediatamente en evidencia de que se  
trata de terrenos arcillosos, aceptables para pequeñas cargas  
de acuerdo a su resistencia a la compresión simple y a sus lí-  
mites de consistencia como se señala en cuadro adjunto.

### 3.2. DISTRIBUCION DE MAQUINARIAS.-

Así como la exactitud del trabajo realizado no puede ser mayor que la de la herramienta con que se produce, así también el rendimiento de los diferentes talleres que forma la Central de Mantenimiento no puede ser mayor que la capacidad de la disposición de sus máquinas.

Tienen que proporcionarse máquinas adecuadas para manipular el volumen probable de trabajo y su ordenación tiene que ser tal que el trabajo circule suavemente de una operación a otra sin demoras excesivas.

Las unidades propulsoras y propulsadas al iniciar sus reparaciones señalan los procesos de operaciones de mantenimiento para estar en óptimas condiciones de trabajo; se asume que todas las unidades vendrán mensualmente-como término medio- a la Central de Mantenimiento, para inspecciones corrientes y reparaciones menores y que una vez al año entrarán para una inspección más completa, con una rehabilitación total de todas cada cuatro inspecciones.

El anexo N<sup>o</sup> 2 demuestra que he previsto de 6 rieles principales, con las siguientes funciones:

Riel N<sup>o</sup> 1: entrada de unidades propulsoras y propulsadas hacia la nave que contiene los talleres de carrocería-construcción-carpintería y las secciones pintura y zanjas, a través de la mesa de transferencia, dichas unidades de acuerdo al manteni -

miento que van a recibir ocuparán los rieles de acceso que a su vez sirven para los siguientes trabajos:

3.2.1. La nave de carrocería-construcción-donde se harán los trabajos de montaje e inspecciones de las nuevas unidades Propulsoras, tiene como auxiliar en éste trabajo el taller de carpintería y la sección pintura.

3.2.2. La nave de zanjas-reparaciones-donde exclusivamente se harán montajes de nuevas unidades propulsoras y reconstrucciones, reparaciones y mantenimiento de éstas mismas unidades; utilizando para éste caso: del riel 1 al riel 7 para montajes, reconstrucciones y reparaciones pesadas y del riel 8 al riel 12 para mantenimiento liviano.

Las reconstrucciones y reparaciones pesadas comprenden:

3.2.2.1. Inspección total del motor o motores rehabilitándolos completamente con repuestos propios.

3.2.2.2. Revisión de: propulsores, cardanes, trinchas y truques; efectuando cambios en las partes defectuosas.

3.2.2.3. Rehabilitación de los bogies.

3.2.2.4. Inspección de reversibles, cañerías de refrigeración de agua, ruedas y cajas de rulimanes.

3.2.2.5. Rehabilitación de motores de arranque y generadores.

3.2.2.6. Inspección de los selectores de velocidades y de motores.

das a través de la mesa de transferencia y de la torna-mesa al taller de carrocería mantenimiento pesado y el alcance de las operaciones de éste taller para su rendimiento son:

- 3.2.3. Reparaciones del: bogie y truque, embancando la unidad propulsada.
- 3.2.4. Total reparación del armazón, cañerías, caseta y detalles de la caseta.
- 3.2.5. Inpección de todo el equipo de aire de la unidad.
- 3.2.6. Prueba de la unidad propulsada, ajuste para buen rendimiento.
- 3.2.7. Inspección de superficie con equipos de magnaflux y magnaglo.

El mantenimiento corriente y reparaciones livianas de las unidades propulsadas está servido por los rieles números 2 y 3 que dá acceso al taller de carrocería mantenimiento liviano, servirá para:

- 3.2.8. Inspecciones generales de las unidades.
- 3.2.9. Pequeñas reparaciones mecánicas.
- 3.2.10. Lavada y lubricada de las unidades.
- 3.2.11. Ubicación en el sitio correspondiente para prestar servicio inmediato.

Los rieles N<sup>o</sup> 4 y 6 sirven de descongestionamiento de las unidades tanto propulsoras como propulsadas al salir de los diferentes talleres después de haber recibido el mantenimiento correspondiente.

El riel N<sup>o</sup> 5 da servicio a las naves que contienen los talleres de fundición, herrería, a las diferentes bodegas, planta de energía y servicio de parrilla, principalmente para materiales pesados que no son fácilmente transportables por otros medios. Estas operaciones de mantenimiento inciden en la distribución de los diferentes talleres principalmente en la disposición de máquinas productoras de las diferentes partes de las unidades propulsoras y propulsadas.<sup>x</sup> A su vez ésta disposición de máquinas toma en cuenta los diferentes centros de producciones o sea las áreas totales ocupadas por las máquinas más la del suelo necesario para el almacenamiento de los materiales y para ponerlo y quitarlo, para las herramientas auxiliares, los bancos, los armarios, etc; para que los operarios puedan trabajar con libertad, para las reparaciones y la conservación de las máquinas, y para los dispositivos de seguridad o defensas.

La disposición de máquinas al distribuir las en los diferentes talleres y secciones se consideró los dos tipos principales de disposiciones conocidos; si la disposición por producto o sea la disposición en línea recta es aquella en que, se agrupan en un departamento las máquinas necesarias para realizar todas las operaciones en un producto dado, poniéndolas por el orden en que éstas se ejecutan; permaneciendo el producto en el departamento hasta que se han realizado todas las etapas de fabricación; y la disposición por procesos o disposición funcional es aquella en que se divide la fabricación en departamentos de acuerdo con el

proceso empleado en la producción, sea el caso, toda la máquina de taladrar en uno, toda la de amolar o pulir en otro y así sucesivamente; el producto que se fabrica tiene que trasladarse de un departamento a otro a medida que progresa y se transforma de materia prima en producto acabado.

La central de mantenimiento tiene los diferentes talleres y secciones distribuidos en la disposición por proceso puesto que si una parte de una unidad cualquiera necesita confeccionarse, el flujo a seguir es: la materia prima o sea el material sale de bodega a los talleres de fundición para fundirse en los hornos respectivos o al de herrería para forjarse y darle el tratamiento térmico que el material requiera, pasa luego al taller de máquinas herramientas para el acabado final y posteriormente a los sitios de montaje donde se ubica la pieza en la unidad; una situación de ésta índole exige flexibilidad en el orden de la fabricación, que puede obtenerse fácilmente con éste sistema; sin embargo ésta disposición tiene sus ventajas e inconvenientes y por la esencia misma del trabajo que se realizará en la Central de Mantenimiento, es necesario considerarlos:

### 3.2.12. Ventajas de la disposición por procesos:

- 3.2.12.1. Menor inversión en máquinas debido a que es menor la duplicidad. Solo se necesitan las máquinas suficientes de cada clase para manipular la carga máxima normal, en lugar de una en cada línea de producto. Las sobrecargas se

resolverán por lo general, trabajando horas extraordinarias.

- 3.2.12.2. Pueden mantenerse ocupadas las máquinas la mayor parte del tiempo, por la razón de que el número de ellas de cada clase es, por lo general el necesario para la producción normal.
- 3.2.12.3. Una gran flexibilidad para ejecutar los trabajos. Es posible asignar tareas a cualquier máquina de la misma clase que esté disponible en ese instante.
- 3.2.12.4. Los operarios son muchos más hábiles por que tienen que manejar cualquier máquina, grande o pequeña del grupo y como preparar la labor, ejecutar las operaciones especiales, calibrar el trabajo y en realidad, tienen que ser mecánicos más bien que simples operarios.
- 3.2.12.5. Los supervisores e inspectores adquieren pericia y eficiencia en el manejo de sus respectivas clases de máquinas y pueden dirigir la preparación y la ejecución de todas las tareas en ésta maquinaria.
- 3.2.12.6. Pueden mantenerse bajos los costo de fabricación. Es posible que los de la mano de obra sean más altos por unidad cuando la carga sea máxima, pero serán menores que en una disposición por producto, cuando la producción sea baja.

Los costos unitarios por gastos generales serán más bajos con una fabricación moderna. Por consiguiente, los costos totales pueden ser inferiores cuando la instalación no está fabricando a su máxima capacidad, o cerca de ella.

3.2.12.7. Las averías en la maquinaria no interrumpen toda una serie de operaciones, hasta trasladar el trabajo a otra máquina, si está disponible o alterar ligeramente el programa si la tarea en cuestión es urgente y no hay ninguna máquina libre en ese momento.

3.2.13. Inconvenientes de la disposición por procesos:

3.2.13.1. No existe ningún conducto mecánico definido por el cual tenga que circular el trabajo. Se tropieza con mayores dificultades para fijar las rutas y los programas.

3.2.13.2. La separación de las operaciones y las mayores distancias que tiene que recorrer el trabajo dan como resultado más manipulación de materiales y costos más altos. Se emplea más mano de obra.

3.2.13.3. Es necesario una atención minuciosa para coordinar la labor. La falta de un control mecánico sobre el orden de la sucesión de las operaciones significa el empleo de órdenes de movi-

miento y la pérdida o el retraso posible de trabajos al tener que desplazar de un departamento a otro.

3.2.13.4. El tiempo total para la fabricación es mayor debido a la necesidad de los transportes y porque el trabajo tiene que llevarse a un departamento antes de que sea efectivamente necesario, con objeto de impedir que las máquinas tengan que pararse.

3.2.13.5. Pueden acumularse grandes cantidades de trabajo debido a la considerable anticipación en la entrega, a la detención para inspeccionar la labor después de su ejecución, a la espera de peones de movimiento que estén efectuando otros transportes y al tiempo necesario para el traslado y las demoras consiguientes.

3.2.13.6. La falla de disposiciones compactas de producción en línea y por lo general, el mayor espaciamiento entre las unidades del equipo en departamentos separados, más la necesidad de contar con más pasillos para el transporte, significa más superficie ocupada por unidad de producto..

3.2.13.7. Son necesarias más inspecciones, por lo general una después de cada operación, antes de pasar

el trabajo al departamento siguiente, en lugar de una sólo inspección al final de cada grupo de operaciones.

3.2.13.8. Sistema de control de la producción mucho más complicada y falta de un control visual. Hay que mantener una comprobación minuciosa de todas las operaciones practicadas en todas las piezas, con muchas órdenes de trabajo, boletos de tiempo, órdenes de inspección y otras de tramitación, seguimiento y registro. Más contabilidad y costos administrativos muchos más altos que cuando el trabajo sigue a lo largo líneas de producción.

3.2.13.9. Se necesita más instrucción y entrenamiento para acoplar a los operarios a sus respectivas tareas. A menudo hay que instruir a los operarios en un oficio determinado.

En el anexo N<sup>o</sup> 5 se muestra la disposición de las máquinas en la Central de Mantenimiento señalándose además el tipo de cada una de ellas, controlándose esencialmente por el proceso que ejecutan ya señalado en incisos anteriores.

### 3.3. CIMENTACION DE MAQUINAS.-

Los principales factores que son necesarios considerar para hacer el montaje de las máquinas en los diferentes talleres y secciones de la Central de Mantenimiento son: terreno, cimentación, esfuerzos originados por cargas estáticas, dinámicas y anclaje respectivo teniendo en cuenta el alineamiento y nivelación, concluyendo con el funcionamiento de la máquina.

El terreno sobre el cual se tiene que hacer el montaje reúne condiciones especiales, siendo terreno sano y compacto (rocas, arenas homogéneas de grano grueso, grava, arcilla compacta y seca), habiéndose tratado éste punto con mayor amplitud en inciso 3.1.

Las cimentaciones constituyen los macizos de infraestructura que es preciso colocar bajo las pesadas máquinas, para soportar las fuerzas que derivan del peso y del movimiento de las mismas, y distribuir dichas fuerzas en el sub-suelo de tal modo, que no se produzcan asentamientos, desplazamientos, ni vibraciones, que puedan perturbar el trabajo normal de las máquinas, o la estabilidad de las construcciones próximas.

El perfeccionamiento de la construcción de máquinas, motores de combustión y turbina en los últimos cincuenta años, ha llegado a desarrollar de tal modo los esfuerzos estáticos y dinámicos sobre las cimentaciones, que de no disponer fuertes armaduras para absorber las tracciones originadas por di

chos esfuerzos, los macizos de cimentación se agrietarían en tal forma que pueden dar lugar a grandes perturbaciones.

Si la cimentación no debe soportar más que esfuerzos estáticos, puede construirse con fábrica de ladrillos u hormigón en masa, con 275 a 330 lbs. de cemento.

Si cuando se trata de pequeñas máquinas que transmiten a la cimentación vibraciones o esfuerzos dinámicos ligeros, también podrá utilizarse en éste caso el hormigón en masa, pero empleando dosificación de 660 a 880 lbs. de cemento.

Cuando las máquinas transmiten choques y vibraciones importantes, la cimentación, además de poner la masa necesaria para absorber las vibraciones, deberá ser resistente a los esfuerzos de tracción, por lo que tendrá que ser construída, necesariamente, de hormigón armado.

Las máquinas se fijan en las cimentaciones por medio de pernos de anclaje, que serán tanto más importantes a medida que la rigidez de unión entre la bancada y el macizo de la cimentación, se haga más necesaria por la importancia de los esfuerzos dinámicos desarrollados. Es frecuente emplear grandes pernos que atraviesan toda la altura de la cimentación.

En las cimentaciones de hormigón en masa, después de haber hormigonado una capa de 30 a 50 cm. de espesor, se coloca un marco metálico formado por perfiles laminados (U o angulares) provisto de agujeros redondos o alargados con un saliente de detención en los emplazamientos exactos de los pernos, colocando en la fábrica de hormigón tubos por donde pueden pasarlos pernos,

que tendran una cabeza alargada para que al hacerlos girar  $90^{\circ}$ , queden sujetos en los agujeros del marco metálico. Una vez apretado los pernos, se rellenan los tubos con mortero quedando asegurado de éste modo el anclaje.

En las cimentaciones de hormigón armado no es necesario colocar el marco metálico y basta con dejar los huecos para el paso de los pernos que terminan en cola de carpa, o en ganchos, y a los que se deberá dar una longitud por lo menos de 30 veces su diámetro, rellinando los huecos con mortero rico una vez colocados dichos pernos.

Cuando existan fuerzas horizontales, se colocaran los pernos de anclaje inclinados, para oponerse al deslizamiento.

### 3.3.1. Cálculo de macizos de cimentación sometidos a esfuerzos estáticos:

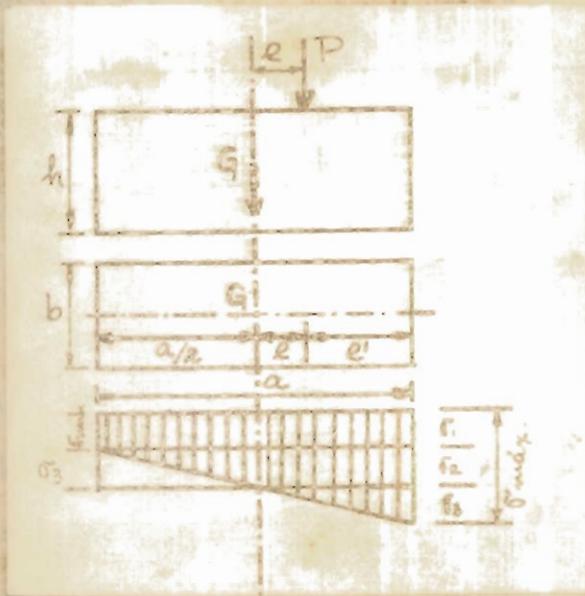
Cuando una máquina actúa por presión lenta, sobre el terreno solamente obrarán cargas verticales (peso propio de la máquina y del macizo de cimentación).

Si la carga vertical considerada se halla aplicada en el centro de gravedad del macizo de cimentación, la reacción se distribuirá de un modo uniforme sobre la superficie de contacto, y se obtendrá fácilmente su valor según la naturaleza del terreno.

Cuando la carga vertical actúa a una distancia  $e$ ; del centro de gravedad del rectángulo de la base-figura adjunta-la reacción del terreno estará representada por el trapecio de tensiones, que en el caso de ser  $e < \frac{a}{6}$

se compondrá de las siguientes partes, siendo  $G$  el peso del macizo.

Presión uniforme debido a la carga:  $\sigma_1 = \frac{G}{a \cdot b}$



Presión uniforme debido a la carga  $P$ , supuesta aplicada en el centro de gravedad:

$$\sigma_2 = \frac{P}{a \cdot b}$$

Tensiones originadas por el momento  $P \cdot e$ :

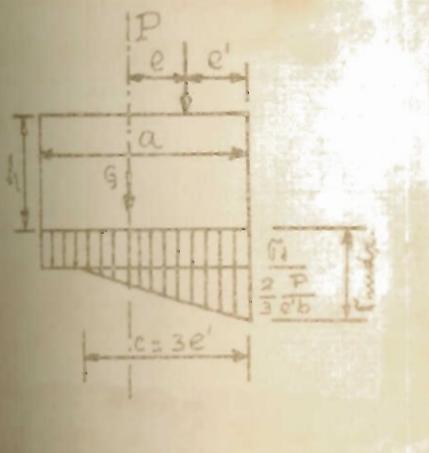
$$\sigma_3 = \pm \frac{6P \cdot e}{a^2 \cdot b}$$

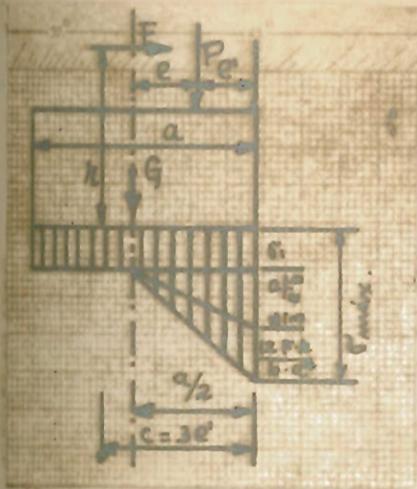
Luego:

$$\sigma_{\max} = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 \quad \text{y} \quad \sigma_{\min} = \sigma_1 + \sigma_2 - \sigma_3$$

En el caso de ser  $e > \frac{a}{6}$  las tensiones debidas al momento  $P \cdot e$  están representadas por un triángulo de longitud  $c = 3e'$  teniéndose para  $\sigma_{\max}$ .

$$\sigma_{\max} = \sigma_1 + \frac{2P}{3e'b}$$





Si la cimentación tiene que soportar además un momento flector:  $M = Fr$  (por ejemplo: la tracción producida por una correa de transmisión) el valor de  $\sigma_{m\acute{a}x}$ .

será:

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 \pm \frac{12Fr}{b \cdot a^2}$$

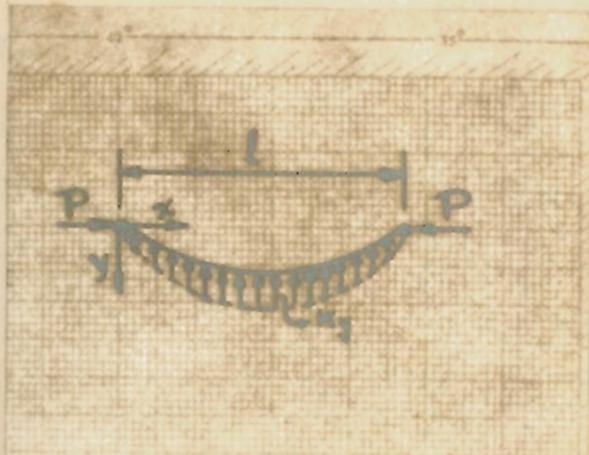
En el primer caso  $e < \frac{a}{6}$ , y en el segundo  $e > \frac{a}{6}$

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \sigma_1 + \frac{2P}{30 \cdot b} \pm \frac{12F \cdot r}{b \cdot a^2}$$

Se tomará en el último término el signo más, cuando el momento flector  $F \cdot r$  tienda a producir en la cimentación, un giro en el mismo sentido que el originado por la carga  $P$ .

### 3.3.2. Vigas sobre cimientos elásticos:

Considerando un sistema elástico, sujeto a fuerzas externas de acuerdo a gráfico adjunto; que bien podría ser el caso de muchas vigas sobre cimientos en el terreno, que servirían como bases para las máquinas de producción en éste proyecto.



Donde:

P= fuerzas externas (lbs).

l= longitud (pies).

y= desplazamiento (pulgadas).

k= Módulo de la base (lbs/pulgadas<sup>2</sup>).

Por la clásica teoría de estado de Euler; el momento de flexión será P.y y la ecuación diferencial es:

$$M = - P \cdot y = E \cdot I \cdot y''$$

Según gráfico asumo que la curva tiene la siguiente función:

$$y = f(x)$$

Luego la Energía almacenada en la viga sujeta a flexión es:

$$U_1 = \int_0^l \frac{M^2}{2EI} dx = \int_0^l \frac{(EI y'')^2}{2EI} dx = \frac{1}{2} \int_0^l E \cdot I (y'')^2 dx$$

La fuerza actuando sobre la base por longitud dx es: ky.dx, el desplazamiento sería y; el trabajo hecho sobre la base es:

$$ky \cdot dx \cdot \frac{y}{2} = \frac{ky^2}{2} dx$$

La energía almacenada en la base es:

$$U_2 = \frac{1}{2} \int \frac{ky^2}{2} dx$$

El trabajo hecho por la fuerza externa P. está dado por:

$$\text{Trabajo} = P \times \delta \quad \text{siendo } \delta = \text{deflección.}$$

$$\text{pero: } \delta = \frac{1}{2} \int (y')^2 dx \quad \text{según el Método de Rayleigh's}$$

de donde:

$$\text{Trabajo: } \frac{P}{2} \int (y')^2 dx$$

El principio de trabajo es expresado por:

$$\text{Trabajo} = \sum U = U_1 + U_2 = U_{\text{base}} + U_{\text{viga}} \\ \text{tensión}$$

$$\frac{P}{2} \int (y')^2 dx = \frac{1}{2} \int ky^2 dx + \frac{1}{2} \int EI(y'')^2 dx \quad (1)$$

Conociendo el procedimiento de Rayleigh's, asumimos una función de variables:  $y(x)$  sustituimos en (1) y resolvemos para  $P$  cuando éste representa la carga crítica de pandeo, ya que solamente cuando  $P = P_{\text{crítico}}$  está la viga en equilibrio y en forma deflectada:

Escogemos la forma ya conocida:

$$y = y_0 \cdot \text{sen} \frac{\bar{u} x}{l}$$

$$y' = \frac{y_0 \cdot \bar{u}}{l} \cdot \cos \frac{\bar{u} x}{l}$$

$$y'' = -\frac{y_0 \bar{u}^2}{l^2} \cdot \text{sen} \frac{\bar{u} x}{l}$$

Hacemos:

$$\int (y')^2 dx = \int_0^l \left( \frac{y_0 \cdot \bar{u}}{l} \cdot \cos \frac{\bar{u} x}{l} \right)^2 dx$$

$$= \int_0^l \frac{y_0^2 \bar{u}^2}{l^2} \cdot \cos^2 \frac{\bar{u} x}{l} \cdot dx$$

$$= \int_0^l \frac{y_0^2 \bar{u}^2}{l^2} \cdot \frac{1}{\bar{u}} \cdot \cos^2 \frac{\bar{u} x}{l} \cdot dx$$

$$= y_0^2 \cdot \left( \frac{\bar{u}}{l} \right)^2 \cdot \frac{1}{\bar{u}} \left[ \frac{1}{2} \frac{\bar{u} x}{l} + \text{sen} \frac{2 \bar{u} x}{l} \right]_0^l$$

$$= y_0^2 \cdot \left( \frac{\bar{u}}{l} \right)^2 \cdot \frac{1}{\bar{u}} \left[ \frac{1}{2} \bar{u} + \text{sen} \frac{2 \bar{u} l}{l} \right] =$$

$$= y_0^2 \left( \frac{\bar{u}}{l} \right)^2 \cdot \frac{1}{2}$$

$$\int (y')^2 dx = y_0^2 \left(\frac{\bar{u}}{l}\right)^2 \cdot \frac{1}{2} \quad (2)$$

Así mismo:

$$\begin{aligned} \int ky^2 dx &= k \int_0^l \left(y_0 \cdot \text{sen} \frac{\pi x}{l}\right)^2 dx \\ &= k \int_0^l \frac{1}{l} \left(y_0 \text{sen} \frac{\bar{u} x}{l}\right)^2 dx \\ &= ky_0^2 \frac{1}{l} \left[ \frac{1}{2} \frac{\bar{u} x}{l} - \frac{1}{4} \text{sen} \frac{2\bar{u} x}{l} \right]_0^l \\ &= ky_0^2 \frac{1}{l} \left[ \frac{1}{2} \bar{u} - \frac{1}{4} \text{sen} 2\bar{u} \right] \\ &= ky_0^2 \frac{1}{2} \end{aligned}$$

$$\int ky^2 dx = ky_0^2 \frac{1}{2} \quad (3)$$

De igual forma:

$$\begin{aligned} \int_0^l EI y''^2 dx &= EI \int_0^l \left( -\frac{y_0 \bar{u}^2}{l^2} \text{sen} \frac{\pi x}{l} \right)^2 dx = \\ &= EI y_0^2 \left(\frac{\bar{u}}{l}\right)^4 \frac{1}{l} \int_0^l \text{sen}^2 \frac{\bar{u} x}{l} dx = \\ &= EI y_0^2 \left(\frac{\bar{u}}{l}\right)^4 \frac{1}{l} \left[ \frac{1}{2} \frac{\bar{u} x}{l} - \frac{1}{4} \text{sen} \frac{2\bar{u} x}{l} \right]_0^l \\ &= EI y_0^2 \left(\frac{\bar{u}}{l}\right)^4 \frac{1}{l} \frac{\bar{u}}{2} = EI y_0^2 \left(\frac{\bar{u}}{l}\right)^4 \frac{1}{2} \end{aligned}$$

$$EI y''^2 dx = EI y_0^2 \left(\frac{\bar{u}}{l}\right)^4 \frac{1}{2} \quad (4)$$

Reemplazando valores de ecuaciones (2), (3) y (4) en ecuación (1):

$$\frac{P}{2} y_0^2 \left(\frac{\bar{u}}{l}\right)^2 \frac{1}{2} = \frac{1}{2} ky_0^2 \frac{1}{2} + \frac{1}{2} EI y_0^2 \left(\frac{\bar{u}}{l}\right)^4 \frac{1}{2}$$

Simplificando:

$$P_{\text{crít.}} \left(\frac{\bar{u}}{l}\right)^2 = k + EI \left(\frac{\bar{u}}{l}\right)^4$$

$$P_{\text{crítico}} = k \left[ \frac{l}{r} \right]^2 + EI \left[ \frac{r}{I} \right]^2 \quad (5)$$

Denominamos como  $\beta$  la característica de la viga sobre un cimiento elástico:

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{k}{4EI}}$$

Luego:

$$\beta^4 = \frac{k}{4EI} \quad \therefore \quad EI = \frac{k}{4\beta^4}$$

La ecuación (5) elevando al cuadrado, reemplazando y simplificando se convertirá:

$$P_{\text{crítico}}^2 = k^2 \left( \frac{l}{r} \right)^4 + EI^2 \left( \frac{r}{I} \right)^4$$

$$P_{\text{crítico}}^2 = 4EI\beta^4 k \left( \frac{l}{r} \right)^4 + \frac{k}{4\beta^4} EI \left( \frac{r}{I} \right)^4$$

$$P_{\text{crítico}}^2 = kEI \left[ 4\beta^4 \left( \frac{l}{r} \right)^4 + \frac{1}{4\beta^4} \left( \frac{r}{I} \right)^4 \right]$$

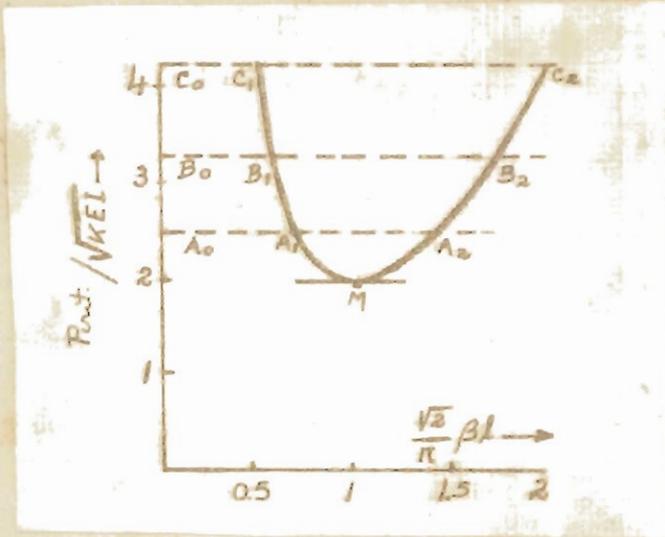
$$\frac{P_{\text{crítico}}^2}{kEI} = 4\beta^4 \left( \frac{l}{r} \right)^4 + \frac{1}{4\beta^4} \left( \frac{r}{I} \right)^4$$

Extrayendo la raíz cuadrada:

$$\frac{P_{\text{crítico}}}{\sqrt{kEI}} = 2\beta^2 \left( \frac{l}{r} \right)^2 + \frac{1}{2\beta^2} \left( \frac{r}{I} \right)^2$$

$$\frac{P_{\text{crítico}}}{\sqrt{kEI}} = \left( \frac{\sqrt{2} \cdot \beta \cdot l}{r} \right)^2 + \left( \frac{r}{\sqrt{2} \cdot \beta \cdot I} \right)^2 \quad (6)$$

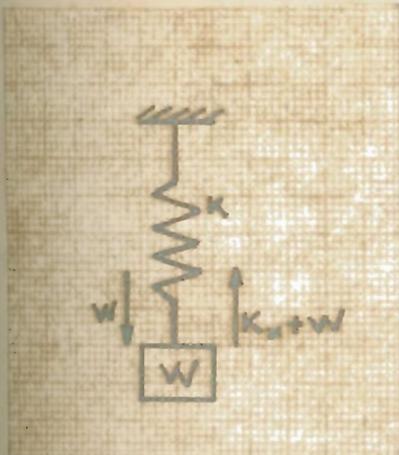
La ecuación (6) tiene como características que los 3 términos son independientes de dimensión, pudiéndose plotear en un diagrama \*



Que representa la carga crítica P. de pandeo de una viga EI de longitud l con goznes en sus extremos sobre un cimiento elástico que tiene módulo de la base k.

### 3.3.3. Vibraciones libres sin amortiguamiento:

Sea el caso de una máquina que tenga el siguiente comportamiento:



Por la relación:

$$F = m \cdot a$$

$$W - (W + kx) = \frac{W}{g} \frac{d^2x}{dt^2}$$

De donde:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = - \frac{kg}{W} x$$

\* Advanced Strength of Materials: J.P. Den Hartog, fig. 180 pag. 262.

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{kg}{W} x = 0 \quad (1)$$

Si la solución general de la ecuación diferencial (1) está dada por:

$$x = A \cos wt + B \sin wt \quad (2)$$

Desarrollando (2) con respecto al tiempo tendremos:

$$\frac{dx}{dt} = -Aw \sin wt + Bw \cos wt$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -Aw^2 \cos wt - Bw^2 \sin wt \quad (3)$$

Sustituyendo (3) y (2) en (1) tendremos:

$$-Aw^2 \cos wt - Bw^2 \sin wt + \frac{kg}{W} (A \cos wt + B \sin wt) = 0$$

Agrupando tenemos:

$$A(-w^2 + \frac{kg}{W}) \cos wt + B(-w^2 + \frac{kg}{W}) \sin wt = 0 \quad (4)$$

De aquí se deduce que la expresión (4) para ser válida debe ser buena para todos los valores de  $t$  y la única forma en que ésta ecuación es buena para todos los valores de  $t$  es cuando los coeficientes A y B no pueden ser cero al mismo tiempo, entonces tenemos:

$$-w^2 + \frac{kg}{W} = 0$$

$$\text{Luego } w = \sqrt{\frac{kg}{W}}$$

Siendo la frecuencia natural  $f$ :

$$f = \frac{1}{T} = \frac{w}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{kg}{W}}$$

### 3.3.4. Estudio de los resortes espirales

He considerado hacer este análisis porque el conocimiento de este tipo de resorte es muy necesario para aplicación como absorbedor vibracional en los diferentes cimientos de máquinas.

Si un resorte común en espiral está sujeto a fuerzas de compresión o momentos extremos de flexión, se procede como si se estuviera con cualquier viga; excepto cuando éstas son vigas muy blandas en que pueden tener deformaciones muy grandes con respecto a las vigas comunes. Para este caso podemos aplicar la fórmula de pandeo de Euler, interpretándola como que se trata de una gran deformación.

Considerando un resorte con los extremos libres para rotar, la Fuerza de Pandeo por Euler es:

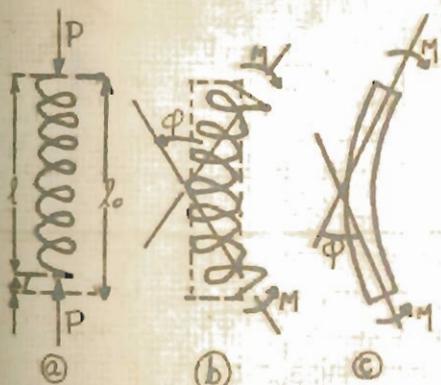
$$P_{\text{crít.}} = \frac{\pi^2 EI}{l^2} \quad (1)$$

$l$  = longitud del resorte en éste estado de compresión diferente de la longitud sin compresión  $l_0$

$$l_0 = l + \Delta l$$

$\Delta l$  = por ahora compresión substancial de  $l_0$  o bien  $\delta_{\text{crít.}}$

$EI$  = Dureza de flexión del resorte considerado como una viga.



Los resultados de un resorte para compresión y flexión puede ser calculado por la teoría de la curva de las vigas de Castigliano's con los resultados:

$$l = \frac{F 8n D^3}{Gd^4} \quad (2) \quad \varphi = M \frac{32n D}{Ed^4} (2 + \mu) \quad (3)$$

G= Módulo de corte

D= diámetro del resorte

n= número de vueltas del resorte

d= Diámetro alambre

$\mu$ = Razón Poisson's cerca 0.3 para acero

En una viga ordinaria (c) el ángulo por flexión es:

$$\varphi = M \frac{1}{EI} \quad (4)$$

El equivalente de la fuerza de flexión de un resorte es comparando (4) y (3) así:

$$M \frac{1}{EI} = M \frac{32n D}{Ed^4} (2 + \mu)$$

$$EI_{\text{resorte}} = \frac{1Ed^4}{32nD(2 + \mu)} \quad 5$$

Habíamos dicho que:  $l_0 = l + \Delta l$

$$l = l_0 - \Delta l = l_0 - \delta_{\text{crít.}}$$

$\delta_{\text{crít.}}$  = es la compresión del resorte justamente cuando éste pande.

Reemplazando (5) en (1):

$$P_{\text{crít. resorte}} = \frac{\pi^2 Ed^4 l}{32nDl^2} = \frac{\pi^2 Ed^4}{32nD(1_0 - \delta_{\text{crít.}})(2 + \mu)} \quad (6)$$

en (2) hacemos:  $P_{\text{crít.}} = \frac{\text{crít.} Gd^4}{8nD^3} \quad (2')$

Los resultados de un resorte para compresión y flexión puede ser calculado por la teoría de la curva de las vigas de Castigliano's con los resultados:

$$l = \frac{P \ 8n \ D^3}{Gd^4} \quad (2)$$

$$\varphi = M \frac{32n \ D}{Ed^4} (2 + \mu) \quad (3)$$

G= Módulo de corte

D= diámetro del resorte

n= número de vueltas del resorte

d= Diámetro alambre

$\mu$ = Razón Poisson's cerca 0.3 para acero

En una viga ordinaria (c) el ángulo por flexión es:

$$\varphi = M \frac{1}{EI} \quad (4)$$

equivalente de la fuerza de flexión de un resorte es compa

ndo (4) y (3) así:

$$M \frac{1}{EI} = M \frac{32n \ D}{Ed^4} (2 + \mu)$$

$$EI_{\text{resorte}} = \frac{1Ed^4}{32nD(2 + \mu)} \quad 5$$

Definamos dicho que:  $l_0 = l + \Delta l$

$$l = l_0 - \Delta l = l_0 - \delta_{\text{crít.}}$$

$\delta_{\text{crít.}}$  = es la compresión del resorte justamente cuando éste pandea.

emplazando (5) en (1):

$$P_{\text{crít. resorte}} = \frac{\pi^2 \ Ed^4 \ l}{32nDl^2} = \frac{\pi^2 \ Ed^4}{32nD(l_0 - \delta_{\text{crít.}})(2 + \mu)} \quad (6)$$

(2) hacemos:  $P_{\text{crít.}} = \frac{P_{\text{crít.}} \ Gd^4}{8nD^3} \quad (2')$

con ecuación (2') y (6)

$$\frac{\delta_{\text{crít.}} G d^4}{8n D^3} = \frac{\pi^2 E d^4}{32nD(1_0 - \delta_{\text{crít.}})(2+\mu)}$$

sabiendo que:  $E = 2G(1+\mu)$

Reemplazando y resolviendo:

$$\frac{\delta_{\text{crít.}} G d^4}{8n D^3} = \frac{\pi^2 2G(1+\mu) d^4}{32nD(1_0 - \delta_{\text{crít.}})(2+\mu)}$$

$$\frac{\delta_{\text{crít.}}}{D^2} = \frac{\pi^2 (1+\mu)}{2(1_0 - \delta_{\text{crít.}})(2+\mu)}$$

$$\frac{\delta_{\text{crít.}}}{D^2} (1_0 - \delta_{\text{crít.}}) = \frac{\pi^2}{2} \frac{1+\mu}{2+\mu}$$

$$\delta_{\text{crít.}} (1_0 - \delta_{\text{crít.}}) = D^2 \frac{\pi^2}{2} \frac{1+\mu}{2+\mu}$$

$$\delta_{\text{crít.}} 1_0 - \delta_{\text{crít.}}^2 = D^2 \frac{\pi^2}{2} \frac{1+\mu}{2+\mu} \quad / \cdot \frac{1}{1_0}$$

$$\frac{\delta_{\text{crít.}}}{1_0} - \left(\frac{\delta_{\text{crít.}}}{1_0}\right)^2 = \frac{D^2 \pi^2}{1_0^2} \frac{1+\mu}{2+\mu}$$

$$\left(\frac{\delta_{\text{crít.}}}{1_0}\right)^2 - \frac{\delta_{\text{crít.}}}{1_0} + \frac{D^2 \pi^2}{1_0^2} \frac{1+\mu}{2+\mu} = 0 \quad (7)$$

Ecuación cuadrática en que se desconoce  $\frac{\delta_{\text{crít.}}}{1_0}$  (el % de compresión antes del Pandeo) y éste contiene un parámetro D que expresa la original esbeltez del resorte

Tomaré  $\mu = 0.3$  acero

$$\left(\frac{\delta_{\text{crít.}}}{1_0}\right)^2 - \frac{\delta_{\text{crít.}}}{1_0} + \frac{D^2 \pi^2}{1_0^2} \frac{1.3}{2.3} = 0$$

$$\left(\frac{\delta_{\text{crít.}}}{1_0}\right)^2 - \frac{\delta_{\text{crít.}}}{1_0} = -2.8 \left(\frac{D}{1_0}\right)^2 \quad / .4$$

$$4\left(\frac{\delta_{\text{crít.}}}{l_0}\right)^2 - \frac{4\delta_{\text{crít.}}}{l_0} = -11.2\left(\frac{D}{l_0}\right)^2$$

$$1 + 4\left(\frac{\delta_{\text{crít.}}}{l_0}\right)^2 - \frac{4\delta_{\text{crít.}}}{l_0} = 1 - 11.2\left(\frac{D}{l_0}\right)^2 \quad /+1$$

$$4\left[\frac{1}{4} + \left(\frac{\delta_{\text{crít.}}}{l_0}\right)^2 - \frac{\delta_{\text{crít.}}}{l_0}\right] = 1 - 11.2\left(\frac{D}{l_0}\right)^2 \quad /sacando factor común 4$$

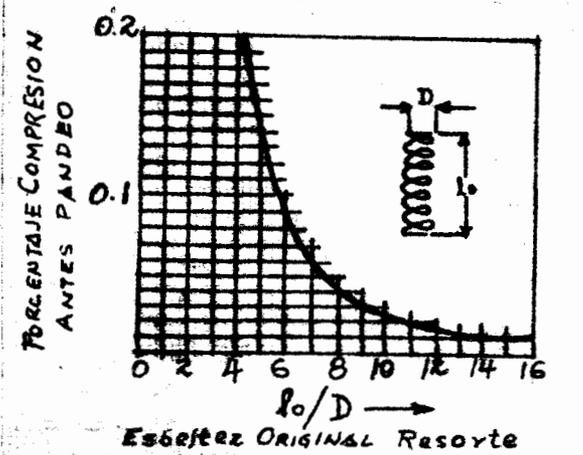
$$4\left[\frac{1}{2} - \frac{\delta_{\text{crít.}}}{l_0}\right]^2 = 1 - 11.2\left(\frac{D}{l_0}\right)^2$$

$$\left[\frac{1}{2} - \frac{\delta_{\text{crít.}}}{l_0}\right]^2 = \frac{1}{4} \left[1 - 11.2\left(\frac{D}{l_0}\right)^2\right]$$

$$\frac{1}{2} - \frac{\delta_{\text{crít.}}}{l_0} = \frac{1}{2} \sqrt{1 - 11.2\left(\frac{D}{l_0}\right)^2}$$

$$\frac{\delta_{\text{crít.}}}{l_0} = \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \sqrt{1 - 11.2\left(\frac{D}{l_0}\right)^2} \quad (8)$$

Mediante (8) podemos plotear el siguiente gráfico:\*



Esto demuestra que un resorte cuya longitud es mayor que 5 veces su diámetro, dentro de una carga de compresión, su longitud decaese por lo menos el 13%. Para resortes menores en longitud que 5 veces su diámetro la ecuación (8) y gráfico no expresan la realidad.

\* Advanced Strength of materials: J.P. Den Hartog; pag. 260, fig. 178

##### 5. Distribución de las armaduras:

Los macizos de cimentación deberán armarse de un modo continuo en las tres direcciones del espacio, con redondos de 16 a 20 mm. separados de 40 a 50 cm. para resistir las fuerzas horizontales de desgarramiento además de las tensiones principales de tracción oblicua, se disponen armaduras con inclinación de  $45^{\circ}$  a  $60^{\circ}$ , formadas por barras de 20 a 25 mm. paralelamente al plano longitudinal del cimiento, con separaciones máximas longitudinales de 1 m. y en sentido transversal de 50 cm. Las barras horizontales normales al contorno exterior serán más fuertes (22 a 28 mm) para impedir el agrietamiento del hormigón.

A esta armadura general, se añaden barras superiores de tracción en el sentido longitudinal, para resistir las fuerzas horizontales que origine la máquina e impedir la formación de grietas.

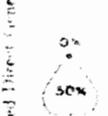
La cuantía de estas construcciones suele ser de 30 a 50 kgs de hierro por metro cúbico de hormigón.

Posteriormente a la fundición de la masa de cimentación se acopla la máquina a ella y nivelándola se alinea cada una de sus partes, de ésta forma queda lista para la operación y producción, sea, en las máquinas motrices desarrollando energía o en las productoras, construyendo partes de las unidades propulsoras o propulsadas.

Table V-1—Coefficients of Utilization.

Room Shape	50					30					0				
	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10
COEFFICIENTS OF UTILIZATION (ZONAL METHOD) FOR 10% FLOOR REFLECTANCE (See end for 30% Floor Reflectance)															
(I)	30	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13
(II)	26	32	37	41	44	47	49	51	52	53	54	54	54	54	54
(III)	43	40	37	33	30	27	24	21	19	17	15	14	13	12	11
(IV)	47	44	42	37	33	30	27	24	21	19	17	15	14	13	12
(V)	50	47	44	40	37	33	30	27	24	21	19	17	15	14	13
(VI)	53	50	49	43	39	35	32	30	27	24	21	19	17	15	14
(VII)	55	53	51	45	41	37	34	31	28	25	22	20	18	16	15
(VIII)	57	54	53	46	42	38	35	32	29	26	23	21	19	17	15
(IX)	59	57	55	48	44	40	37	34	31	28	25	22	20	18	16
(X)	60	58	57	50	46	42	38	35	32	29	26	23	21	19	17
Maint. Good 75 Factor Mod. 70 Poor 65															
 Single lamp aluminum troffer with baffles															
(I)	27	24	21	17	13	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2
(II)	33	29	26	22	18	15	13	11	10	9	8	7	6	5	4
(III)	36	33	30	26	22	18	15	13	11	10	9	8	7	6	5
(IV)	40	36	33	29	25	21	18	15	13	11	10	9	8	7	6
(V)	42	39	37	32	29	25	21	18	15	13	11	10	9	8	7
(VI)	45	42	40	34	30	26	22	18	15	13	11	10	9	8	7
(VII)	47	44	43	36	32	28	24	20	17	14	12	10	9	8	7
(VIII)	48	46	44	37	33	29	25	21	18	15	13	11	10	9	8
(IX)	50	48	46	39	35	31	27	23	19	16	13	11	10	9	8
(X)	50	49	48	40	36	32	28	24	20	17	14	12	10	9	8
Maint. Good 75 Factor Mod. 70 Poor 65															
 Two lamp aluminum troffer with louvers															
(I)	26	23	20	16	12	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
(II)	32	29	26	22	18	15	13	11	10	9	8	7	6	5	4
(III)	37	33	31	27	23	19	16	13	11	10	9	8	7	6	5
(IV)	41	37	35	31	27	23	19	16	13	11	10	9	8	7	6
(V)	43	40	37	33	29	25	21	18	15	13	11	10	9	8	7
(VI)	46	43	41	35	31	27	23	19	16	13	11	10	9	8	7
(VII)	47	44	42	36	32	28	24	20	17	14	12	10	9	8	7
(VIII)	48	46	44	37	33	29	25	21	18	15	13	11	10	9	8
(IX)	51	49	47	40	36	32	28	24	20	17	14	12	10	9	8
(X)	53	51	49	42	38	34	30	26	22	18	15	13	11	10	9
(XI)	53	53	52	44	40	36	32	28	24	20	17	14	12	10	9
Maint. Good 75 Factor Mod. 70 Poor 65															
 Two lamp 12" wide troffer —glass, plastic, or 3/4" louvers <i>Lower Enclosed</i>															
(I)	24	21	19	14	10	8	7	6	5	4	3	2	1	1	1
(II)	29	26	24	20	16	13	11	10	9	8	7	6	5	4	3
(III)	32	29	27	23	19	15	13	11	10	9	8	7	6	5	4
(IV)	36	32	30	26	22	18	15	13	11	10	9	8	7	6	5
(V)	38	35	33	29	25	21	18	15	13	11	10	9	8	7	6
(VI)	41	38	37	31	27	23	19	16	13	11	10	9	8	7	6
(VII)	43	40	38	32	28	24	20	17	14	12	10	9	8	7	6
(VIII)	44	42	40	34	30	26	22	18	15	13	11	10	9	8	7
(IX)	45	43	42	35	31	27	23	19	16	13	11	10	9	8	7
(X)	47	45	43	36	32	28	24	20	17	14	12	10	9	8	7
Maint. Good 75 Factor Mod. 70 Poor 65															
 Two lamp 12" wide troffer with 1/2" metal louver															

Spacing between luminaire centers for uniform illumination. MH—Mounting Height above floor.

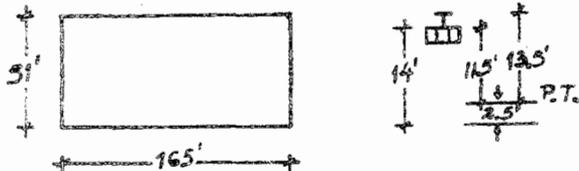
Typical Distribution and Maximum Spacing	Ceiling % Walls	50					30					0				
		50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10
COEFFICIENTS OF UTILIZATION (ZONAL METHOD) FOR 10% FLOOR REFLECTANCE (See end for 30% Floor Reflectance)																
(I)	0.6	31	27	24	21	18	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7
(II)	0.8	39	34	31	28	24	21	18	16	15	14	13	12	11	10	9
(III)	1.1	40	37	34	30	26	23	20	17	15	14	13	12	11	10	9
(IV)	1.5	49	47	45	41	37	33	30	27	24	21	19	17	15	14	13
(V)	2.0	52	50	48	44	40	36	33	30	27	24	21	19	17	15	14
(VI)	3.0	56	53	51	46	42	38	34	31	28	25	22	20	18	16	15
(VII)	5.0	59	56	54	48	44	40	36	33	30	27	24	21	19	17	15
(VIII)	7.0	61	58	56	50	46	42	38	34	31	28	25	22	20	18	16
(IX)	10.0	63	61	58	52	48	44	40	36	33	30	27	24	21	19	17
(X)	15.0	65	63	61	54	50	46	42	38	34	31	28	25	22	20	18
Max. Spacing 0.8xMH 0.8xMH																
 Recessed Direct Fluorescent																
(I)	0.6	26	23	20	17	14	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
(II)	0.8	32	29	26	22	18	15	13	11	10	9	8	7	6	5	4
(III)	1.1	37	33	30	26	22	18	15	13	11	10	9	8	7	6	5
(IV)	1.5	42	38	35	31	27	23	19	16	13	11	10	9	8	7	6
(V)	2.0	45	40	38	34	29	25	21	18	15	13	11	10	9	8	7
(VI)	3.0	48	44	41	36	32	28	24	20	17	14	12	10	9	8	7
(VII)	5.0	52	48	45	39	35	31	27	23	19	16	13	11	10	9	8
(VIII)	7.0	53	50	47	41	37	33	29	25	21	18	15	13	11	10	9
(IX)	10.0	58	54	51	45	41	37	33	29	25	21	18	15	13	11	10
(X)	15.0	58	56	54	48	44	40	36	32	28	24	20	17	14	12	10
Max. Spacing 0.8xMH 0.8xMH																
 Recessed Direct General Service Incandescent																
(I)	0.6	40	35	32	29	25	22	19	16	13	11	10	9	8	7	6
(II)	0.8	46	42	39	34	30	27	23	20	17	14	12	10	9	8	7
(III)	1.1	50	46	43	38	34	30	27	23	20	17	14	12	10	9	8
(IV)	1.5	54	51	48	43	39	35	31	27	23	20	17	14	12	10	9
(V)	2.0	57	54	51	46	42	38	34	30	27	23	20	17	14	12	10
(VI)	3.0	59	56	53	48	44	40	36	32	28	24	20	17	14	12	10
(VII)	5.0	62	60	58	52	48	44	40	36	32	28	24	20	17	14	12
(VIII)	7.0	64	62	60	54	50	46	42	38	34	30	26	22	18	15	14
(IX)	10.0	65	63	62	56	52	48	44	40	36	32	28	24	20	17	14
(X)	15.0	66	65	63	56	52	48	44	40	36	32	28	24	20	17	14
Max. Spacing 0.8xMH 0.8xMH																
 Recessed Direct General Service Incandescent																
(I)	0.6	28	24	21	17	14	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
(II)	0.8	33	29	26	22	18	15	13	11	10	9	8	7	6	5	4
(III)	1.1	36	33	30	26	22	18	15	13	11	10	9	8	7	6	5
(IV)	1.5	40	37	34	30	26	22	18	15	13	11	10	9	8	7	6
(V)	2.0	42	39	37	32	28	24	20	17	14	12	10	9	8	7	6
(VI)	3.0	45	43	40	34	30	26	22	18	15	13	11	10	9	8	7
(VII)	5.0	47	45	43	36	32	28	24	20	17	14	12	10	9	8	7
(VIII)	7.0	48	46	44	37	33	29	25	21	18	15	13	11	10	9	8
(IX)	10.0	50	48	46	39	35	31	27	23	19	16	13	11	10	9	8
(X)	15.0	50	49	48	40	36	32	28	24	20	17	14	12	10	9	8
Max. Spacing 0.8xMH 0.8xMH																

\* Maximum spacing between luminaires center for uniform illumination. MH—Mounting height above floor.

rescentes, tipo directa-luz blanca-montada a 2 pies del tumbado.

Potencia de cada tubo= 40 watts

3.4.1.1.2.



Area= 8414 pies<sup>2</sup>

Reflexión=tablas-

Tumbado: 50%

Muro: 30%

Piso: 10%

3.4.1.1.3. Relación de cuarto (RR):

$$RR = \frac{\text{Area}}{\text{Distancia al P.T. x (ancho+largo)}} = \frac{8415}{11.5 \times 216} = 3.39$$

3.4.1.1.4. Coeficiente de utilización: (c.u.)

Si RR=3.39 ≈ 3.4 en tablas el coeficiente de utilización será: 0.48

3.4.1.1.5. Coeficiente de mantenimiento: (C.M.)

Para mantenimiento defectuoso o insuficiente 0.65 (Tablas)

3.4.1.1.6. Lumenes requeridos: (L.r)

$$L.r = \frac{\text{Area x Ni}}{\text{CU x CM}} = \frac{8415 \times 20}{0.48 \times 0.65} = 540000$$

L.r= 540000 lumenes.

El número de focos o lámparas, conociendo que para este ti-

po de tubos de 40 watts, tipo T-12 con base de bujía, de 48" de tubo da 2840 lúmenes, será:

$$\text{Número de focos} = \frac{\text{Lúmenes totales}}{\text{Lúmen unitario}} = \frac{540000}{2840} = 190$$

y el número de luminarias:

$$\text{Número de luminarias} = \frac{190}{2} = 95$$

#### 3.4.1.1.7. Espacio entre luminarias:

$$\begin{aligned} \text{Espacio máximo} &= 0.9 \times \text{altura montaje} \\ &= 0.9 \times 14' = 12.6' \end{aligned}$$

$$\text{Número de hileras} = \frac{\text{Ancho}}{\text{Esp. máx.}} = \frac{51'}{12.6'} = 4.04 \approx 4$$

#### 3.4.1.1.8. Cálculos de comprobación:

Si hay 165' de largo y 24 unidades/hilera

$$\frac{165}{24} = 6.88' \quad \text{y} \quad 6.88' < 12.6'$$

Se encuentra a una distancia inferior al espacio máximo.

Si Iluminación inicial:

24 unidades/hilera x 4 hileras x 2 = 192 lámparas o focos.

$$\text{Iluminación inicial} = \frac{192 \times 2840}{8415} \times 0.48 = 31.09$$

Iluminación de mantenimiento = iluminación inicial x C.M.

$$= 31.09 \times 0.65 = 20.21$$

luego  $20.21 > 20$  Foot-candles

Esta iluminación es mayor que el nivel impuesto.

#### 3.4.1.1.9. Energía requerida:

Lámparas: 192

Potencia unitaria: 40 watts.

3.4. Potencia total:  $192 \times 40 = 7680 \text{ watts} = 7.68 \text{ Kw}$

3.4.1.2. Energía total requerida por el taller de carpintería:

$$Kw_{\text{total}} = Kw_{\text{máquinas}} + Kw_{\text{iluminación}}$$

$$= 42.51 + 7.68 = 50.19 \text{ Kw}$$

Son: 50.19Kw

3.4.2. Energía requerida por la sección pintura:

3.4.2.1. Iluminación:

Ancho: 51'

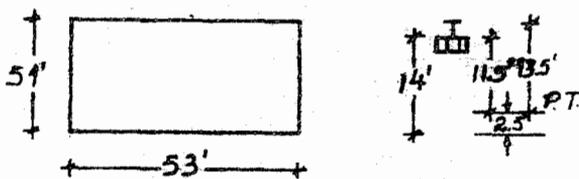
Largo: 53'

Alto: 16'

3.4.2.1.1. Para talleres el nivel de iluminación (N.i.) es de 20 foot-candles; la luminaria suspendida con dos tubos fluorescentes-tipo directa-luz blanca, montada a 2' del tumbado.

Potencia de cada tubo = 40 watts.

3.4.2.1.2.



Area = 2703 pies<sup>2</sup>

Reflexión-tablas-

Tumbado: 50%

Muro: 30%

Piso: 10%

3.4.2.1.3. Relación de Cuarto (RR):

$$R.R = \frac{\text{Area}}{\text{Distancia al P.T.} \times (\text{ancho} + \text{largo})} = \frac{2703}{11.5 \times 104} = 2.26$$

$$R.R = 2.26$$

3.4.2.1.4. Coeficiente de utilización (c.U):

Si  $R.R = 2.26 \approx 2.3$  en tablas el coeficiente de utilización será 0.45

3.4.2.1.5. Coeficiente de mantenimiento (C.M.)

Para mantenimiento defectuoso o insuficiente 0.65-tablas-

3.4.2.1.6. Lúmenes requeridos (L.r).

$$L.r = \frac{\text{Area} \times Ni}{CU \times CM} = \frac{2703 \times 20}{0.45 \times 0.65} \approx 185000$$

$$L.r = 185000 \text{ lumenes}$$

El número de focos o lámparas, conociendo que para este tipo de tubos de 40 watts, tipo T-12 con base de bujía, de 48" de tubo da 2840 lumenes será:

$$\text{Número de focos} = \frac{\text{Lumenes totales}}{\text{Lumen unitario}} = \frac{185000}{2840} \approx 65$$

y el número de luminarias:

$$\text{Número de luminarias} = \frac{65}{2} = 32.5 \approx 33$$

3.4.2.1.7. Espacio entre luminarias:

Espacio máximo = 0.9 x altura montaje

$$= 0.9 \times 14' = 12.6'$$

$$\text{Número de hileras} = \frac{\text{Ancho}}{\text{Esp. máx}} = \frac{51}{12.6} = 4.04 \approx 4$$

$$\text{Número de luminarias} = \frac{33}{4} = 8.25 \approx 9 \text{ unidades/hilera por hilera}$$

3.4.2.1.8. Cálculos de comprobación:

Si hay 53' de largo y 8 unidades/hilera

3.4.3.1. Iluminación: taller carrocería-construcción-

Ancho= 89 pies

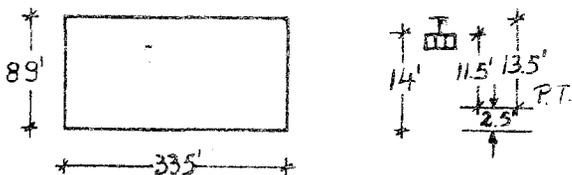
Largo= 335 pies

Alto= 16 pies

3.4.3.1.1. Para talleres el nivel de iluminación (N.i) es de 20 Foot-candles, la luminaria suspendida con 2 tubos fluorescentes, tipo directo-luz blanca-montada a 2 pies del tumbado.

Potencia de cada tubo= 40 watts.

3.4.3.1.2.



area= 29815 pies<sup>2</sup>

reflexión-tablas-

Tumbado= 50%

Muro= 30%

Piso= 10%

3.1.3. Relación de cuarto:

$$R = \frac{29815}{11.5 \times 424} = 6.11$$

3.1.4. Coeficiente de utilización (C.U)

si R.R=6.11 en tablas el C.U. será 0.52

3.1.5. Coeficiente de mantenimiento (C.M.)

para mantenimiento defectuoso o insuficiente 0.65

3.1.6. Lumenes requeridos (L.r.)

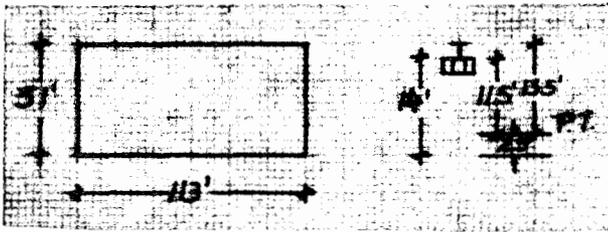
Ancho= 51 pies

Largo= 113 pies

Alto= 16 pies

N.i= 20 Foot-candles

Potencia= 40 watts



Reflexión= 50%

Muro= 30%

Piso= 10%

3.4.3.1.10. Relación de cuarto:  $RR = \frac{5763}{11.5 \times 164} = 3.06$

3.4.3.1.11. Coeficiente de utilización (C.U.)

Si R.R.=3.06 en tablas C.U.=0.47

3.4.3.1.12. Coeficiente de mantenimiento (C.M.)

Para mantenimiento defectuoso o insuficiente 0.65 tablas.

3.4.3.1.13. Lúmenes requeridos (L.r.)

$$L.r = \frac{5763 \times 20}{0.47 \times 0.65} \approx 377000$$

L.r.=377000 lúmenes.

El número de focos o lámparas, conociendo que para éste tipo de tubos de 40 watts, tipo T-12 con base de bujía, de 48" de tubo da 2840 lúmenes, será:

$$\text{Número de focos} = \frac{377000}{2840} = 132.7 \approx 133$$

$$\text{y el número de luminarias} = \frac{133}{2} = 66.5 \approx 67$$

$$L.r = \frac{29815 \times 20}{0.52 \times 0.65} = 1764 \times 10^3$$

$$L.r = 1764 \times 10^3 \text{ lumenes}$$

El número de focos o lámparas conociendo que para este tipo de tubos de 40 watts tipo T-12 con base de bujía, de 48" de tubo dá 2840 lumenes, será:

$$\text{Número de focos} = \frac{1764 \times 10}{2840} = 621.12 \approx 621$$

$$\text{y el número de luminarias} = \frac{621}{2} = 310.5 \approx 311$$

#### 3.4.3.1.7. Espacio entre luminarias:

$$\text{Espacio máximo} = 0.9 \times 14' = 12.6'$$

$$\text{Número de hilera} = \frac{89}{12.6} = 7.06 \approx 7$$

$$\text{Número de luminarias por hilera} = \frac{311}{7} = 44.4 \approx 45$$

#### 3.4.3.1.8. Cálculo de comprobación.

Si hay 335' largo y 45 unidades/hileras

$$\frac{335}{45} = 7.45 \text{ y } 7.45 < 12.6$$

Se encuentra a una distancia inferior al espacio máximo.

Si iluminación inicial:

45 unidades/hilera  $\times$  7  $\times$  2 = 630 lámparas o focos.

$$\text{Iluminación inicial} = \frac{630 \times 2840}{29815} \times 0.52 = 31.21 \text{ Foot-candles}$$

$$\text{Iluminación de mantenimiento} = 31.21 \times 0.65 = 20.29$$

$$\text{luego } 20.29 > 20 \text{ Foot-cadles}$$

Esta iluminación es mayor que el nivel impuesto.

#### 3.4.3.1.9. Iluminación área adyacente del taller carrocería -construcción-:

3.4.3.1.14. Espacio entre luminarias:

Espacio máximo:  $0.9 \times 14' = 12.6'$

$$\text{Número de hileras} = \frac{51}{12.6} = 4.04 \approx 4$$

$$\text{Número de luminarias por hilera} = \frac{67}{4} = 16.75 \approx 17 \text{ unidades/hilera}$$

3.4.3.1.15. Cálculo de comprobación:

Si hay 113' de largo y 17 unidades/hilera

$$\frac{113}{17} = 6.64' \text{ y } 6.64' < 12.6'$$

Se encuentra a una distancia inferior al espacio máximo.

Si iluminación inicial:

$17 \text{ unidades/hilera} \times 4 \text{ hilera} \times 2 = 136 \text{ lámparas o focos.}$

$$\text{Iluminación inicial} = \frac{136 \times 2840}{5763} \times 0.47 = 31.50 \text{ Foot-candles}$$

$$\text{Iluminación de mantenimiento} = 31.50 \times 0.65 = 20.48 \text{ Foot-candles}$$

$$\text{luego: } 20.48 > 20 \text{ Foot candles}$$

Esta iluminación es mayor que el nivel impuesto.

3.4.1.16. Energía total de iluminación requerida:

$$\text{Lámparas total} = 630 + 136 = 766$$

$$\text{Potencia unitaria} = 40 \text{ watts}$$

$$\text{Potencia total} = 766 \times 40 = 30640 \text{ Watts}$$

$$= 30.64 \text{ Kw}$$

3.4.3.2. Iluminación sección zanjas-reparaciones-

$$\text{Ancho} = 74 \text{ pies}$$

$$\text{Largo} = 335 \text{ pies}$$

$$\text{Alto} = 16 \text{ pies}$$

3.4.3.2.1. Para talleres el nivel de iluminación (N.i.) es de 20 Foot-candles; la luminaria suspendida con 2 tubos

fluorescente, tipo directo-luz blanca montada a 2 pies del tumbado.

Potencia de cada tubo= 40 watts.

3.4.3.2.2.



$$\text{Area} = 24790 \text{ pies}^2$$

Reflexión-tablas-

Tumbado= 50%

Muro= 30%

Piso= 10%

3.4.3.2.3. Relación de cuarto (R.R.)

$$R.R. = \frac{24790}{11.5 \times 409} = \frac{24790}{4703.5} = 5.27$$

3.4.3.2.4. Coeficiente de utilización (C.U.)

Si R.R= 5.27 en tablas el C.U. será=0.58

3.4.3.2.5. Coeficiente de mantenimiento (C.M.)

Para mantenimiento defectuoso o insuficiente 0.65-tablas-

3.4.3.2.6. Lúmenes requeridos (L.r.)

$$L.r. = \frac{24790 \times 20}{0.58 \times 0.65} = 1315 \times 10^3 \text{ lúmenes}$$

El número de focos o lámparas conociendo que para éste tipo de tubos de 40 watts tipo T-12, con base de bujía, de 48" de tubo da 2840 lúmenes será:

$$\text{Número de focos} = \frac{1315 \times 10^3}{2840} = 463$$

y el número de luminarias:

$$\text{Número de luminarias} = \frac{463}{2} = 231.5 \approx 232$$

3.4.3.2.7. Espacio entre luminarias:

$$\text{Espacio máximo} = 0.9 \times 14' = 12.6'$$

$$\text{Número de hileras} = \frac{74}{12.6} = 5.8 \approx 6$$

$$\text{Número de luminarias por hilera} = \frac{232}{6} = 38.66 \approx 39$$

3.4.3.2.8. Cálculo de comprobación:

Si hay 335' largo y 39 unidades/hilera

$$\frac{335}{39} = 8.58 \quad \text{y} \quad 8.58 < 12.6$$

Se encuentra a una distancia inferior al espacio máximo.

Si iluminación inicial.

39 unidades/hilera  $\times$  6  $\times$  2 = 468 lámparas o focos.

$$\text{Iluminación inicial} = \frac{468 \times 2840}{24790} \times 0.58 = 31.09 \text{ Foot-candles}$$

$$\text{Iluminación de mantenimiento} = 31.09 \times 0.65 = 20.21 \text{ Foot-candles}$$

$$\text{luego } 20.21 > 20 \text{ Foot-candles}$$

Esta iluminación es mayor que el nivel impuesto.

3.4.3.2.9. Energía requerida:

$$\text{Lámparas} = 468$$

$$\text{Potencia unitaria} = 40 \text{ watts}$$

$$\text{Potencia total} = 40 \times 468 = 18720 \text{ W} = 18.72 \text{ Kw}$$

3.4.3.3. Energía total requerida por el taller carrocería-Cons-trucción-mesa de transferencia y sección zanjas-reparaciones-

$$Kw_{\text{total}} = Kw_{\text{máquinas}} + Kw_{\text{ilum.carrocería}} + Kw_{\text{ilum.zanjas}}$$

$$= 223.80 + 30.64 + 1872 = 273.16$$

=273.16

Son: =273.16 Kw

3.4.4. Energía requerida para taller de máquinas-herramientas:

M A Q U I N A			P O T E N C I A		
Nº	Canti- dad	TIPO	H.P. unitario	H.P. Total	KW Total
1	2	Torno doble pa- ra ruedas.	10	20	14.92
2	1	Torno vertical	10	10	7.46
3	1	Torno vertical	8	8	5.97
4	1	Cepilladora	20	20	14.91
5	1	Taladro.	1	1	0.75
6	3	Tornos univer- sales	3	9	6.71
7	1	Prensa-hidráu- lica.	10	10	7.46
8	1	Cepilladora	5	5	3.73
9	1	Fresadora	5	5	3.73
10	1	Fresadora	8	8	5.97
11	1	Taladro	4	4	2.98
12	1	Terraaja	2	2	1.49
13	1	Fresadora	5	5	3.73
14	1	Taladro fresa	5	5	3.73
15	1	Fresadora	8	8	5.97
16	1	Terraaja	4	4	2.98
17	1	Cepilladora	8	8	5.97
18	1	Cepilladora	10	10	7.46
19	1	Prensa hidráu- lica	5	5	3.73
20	1	Sierra	1	1	0.75
21	1	Escoplo	10	10	7.46
22	1	Torno revólver	10	10	7.46
23	7	Tornos	5	35	26.11
24	2	Taladro	5	10	7.46
25	7	Tornos	7	49	36.55
26	2	Esmeriles	0.5	1.0	0.75
27	1	Sierra	1	1	0.75
28	1	Doall	4	4	2.98
29	1	Sierra	1	1	0.75

3.4.4.1. Iluminación taller-máquinas-heramientas:

Ancho= 37 pies

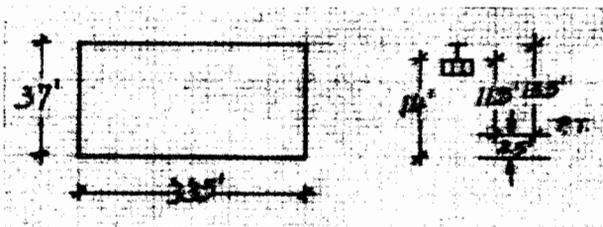
Largo= 335 pies

Alto= 16 pies

3.4.4.1.1. Para talleres el nivel de iluminación (N.i.) es de 20 Foot-candles, la luminaria suspendida con 2 tubos fluorescentes, tipo directa-luz blanca-montada a 2 pies del tumbado.

Potencia de cada tubo= 40 watts.

3.4.4.1.2.



Area=12395 pies<sup>2</sup>

Reflexión-tablas-

Tumbado= 50%

Muro= 30%

Piso= 10%

3.4.4.1.3. Relación de cuarto (R.R.)

$$RR = \frac{12395}{11.5 \times 372} = 2.89$$

3.4.4.1.4. Coeficiente de utilización (C.U.)

Si  $RR=2.89 \approx 3$  el  $C.U.=0.47$

3.4.4.1.5. Coeficiente de mantenimiento (C.M.)

Para mantenimiento defectuoso o insuficiente 0.65-tablas-

3.4.4.1.6. Lumenes requeridos (L.r.)

$$L.r. = \frac{12395 \times 20}{0.47 \times 0.65} = 811400 \text{ lumenes}$$

El número de focos o lámparas conociendo que para éstos tubos de 40 watts, tipo T-12 con base de bujía, de 48"

de tubo da 2840 lumenes, será:

$$\text{Número de focos} = \frac{811400}{2840} = 285.7 \approx 286$$

$$\text{y el número de luminarias} = \frac{286}{2} = 143$$

#### 3.4.4.1.7. Espacio entre luminarias:

$$\text{Espacio máximo} = 0.9 \times 14' = 12.6'$$

$$\text{Número de hileras} = \frac{37}{12.6} = 2.94 \approx 3$$

$$\text{Número de luminarias por hilera} = \frac{143}{3} = 47.66 \approx 48 \text{ unidades/hilera}$$

#### 3.4.4.1.8. Cálculo de comprobación:

Si hay 335' de largo y 48 unidades/hilera

$$\frac{335}{48} = 6.97 \text{ y } 6.97 < 12.6'$$

Se encuentra a una distancia inferior al espacio máximo.

Si iluminación inicial:

$$48 \text{ unidades/hilera} \times 3 \text{ hileras} \times 2 = 288 \text{ lámparas o focos.}$$

$$\text{Iluminación inicial} = \frac{288 \times 2840}{12395} \times 0.47 = 31.02$$

$$\text{Iluminación de mantenimiento} = 31.02 \times 0.65 = 20.16$$

luego  $20.16 > 20$  Foot-candles.

Esta iluminación es mayor que el nivel impuesto.

#### 3.4.4.1.9. Energía requerida:

Lámparas: 288

Potencia unitaria: 40 watts

Potencia total:  $288 \times 40 = 11520 \text{ W}$

$$= 11.52 \text{ Kw}$$

#### 3.4.4.2. Energía total requerida por el taller de máquinas-herramientas.

$$\text{KW}_{\text{Total}} = \text{KW}_{\text{máquinas}} + \text{KW}_{\text{Total iluminación}}$$

=200.68 + 11.52

=212.20 KW

Son 212.20 KW

3.4.5. Energía requerida por la sección hojalatería:

M A Q U I N A			P O T E N C I A		
Nº	Canti- dad	TIPO	H.P. unitario	H.P. Total	KW Total
1	1	Tijera grande	1.75	1.75	1.31
2	1	Fragua	1	1	0.75
3	1	Máquina dobla- dora de plan- chas de rodi- llo tipo pira- midal.	3	3	2.24
4	1	Esmeril.	1	1	0.75

3.4.5.1. Iluminación sección hojalatería:

Ancho: 40 pies

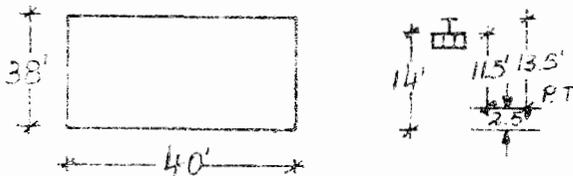
Largo: 38 pies

Alto: 16'

3.4.5.1.1. Para talleres la iluminación (N.i.) es de 20 Foot-candles, la luminaria suspendida con 2 tubos fluorescentes, tipo directa-luz blanca-montada a 2' del tumbado.

Potencia de cada tubo=40 watts.

3.4.5.1.2.



Area= 1520 pies<sup>2</sup>

Reflexión-tablas-

Tumbado= 50%

Muro= 30%

Piso= 10%

4.5.1.3. Relación de cuarto (R.R.)

$$R.R. = \frac{1520}{11.5 \times 78} = 1.69$$

4.5.1.4. Coeficiente de utilización (C.U.)

Si R.R.=1.69 en tablas C.U.=0.41

4.5.1.5. Coeficiente de mantenimiento (C.M.)

Para mantenimiento defectuoso o insuficiente 0.65-tablas-

4.5.1.6. Lúmenes requeridos (L.r.)

$$L.r. = \frac{1520 \times 20}{0.41 \times 0.65} = 114070$$

L.r.=114070 lúmenes

El número de focos o lámparas, conociendo que para éstos tubos de 40 watts, tipo T-12 con base de bujía, de 48" de tubo de 2840 lúmenes será:

$$\text{Número de focos} = \frac{114070}{2840} = 40.17 \approx 41$$

$$\text{el número de luminarias} = \frac{41}{2} = 20.5 \approx 21$$

4.5.1.7. Espacio entre luminarias:

Espacio máximo=0.9 x 14'= 12.6'

$$\text{Número de hileras} = \frac{40}{12.6} = 3.17 \approx 3$$

$$\text{Número de luminarias por hilera} = \frac{21}{3} = 7 \text{ unidades/hilera}$$

4.5.1.8. Cálculos de comprobación:

Hay 38' de largo y 7 unidades/hilera

$$5.42' \text{ y } 5.42' < 12.6'$$

Se encuentra a una distancia inferior al espacio máximo.

Si iluminación inicial.

7 unidades/hilera x 3 hileras x 2=42 lámparas o focos.

$$\text{Iluminación inicial} = \frac{42 \times 2840}{1520} \times 0.41 = 32.17 \text{ Foot-candles.}$$

$$\text{Iluminación de mantenimiento} = 32.17 \times 0.65 = 20.91 \text{ Foot-candles}$$

$$\text{luego: } 20.91 > 20 \text{ Foot-candles}$$

Esta iluminación es mayor que el nivel impuesto.

3.4.5.1.9. Energía requerida:

Lámparas: 42

Potencia unitaria= 40 watts

Potencia total=42 x 40=1680 W

$$= 1.68 \text{ KW}$$

3.4.5.2. Energía requerida por la sección hojalatería:

$$\text{KW}_{\text{Total}} = \text{KW}_{\text{máquinas}} + \text{KW}_{\text{iluminación}}$$

$$= 5.05 + 1.68$$

$$= 6.73$$

Son 6.73 KW

3.4.6. Energía requerida por la sección aire:

M A Q U I N A			P O T E N C I A		
Nº	Canti- dad	TIPO	H.P. unitario	H.P. Total	KW Total
1	1	Equipo móvil de aire para probar los compresores, comprobador de frenos en unida- des rodantes.			
2	1	Esmeriles	3 0.5	3 0.5	2.24 0.37

M A Q U I N A			P O T E N C I A		
N <sup>o</sup>	Canti- dad	TIPO	H.P. unitario	H.P. Total	KW Total
3	1	Equipo para prueba de válvulas y más mecanismos de línea de vapor aire y combustible.	1	1	0.75
4	1	Horno de aire caliente para calentar piñones de 24" de alto por 20" cuadradas, controlado termostáticamente con un rango de temperatura de 30° C a 300° C.	5	5	3.73

3.4.6.1. Iluminación requerida por la sección aire.

Ancho= 40 pies

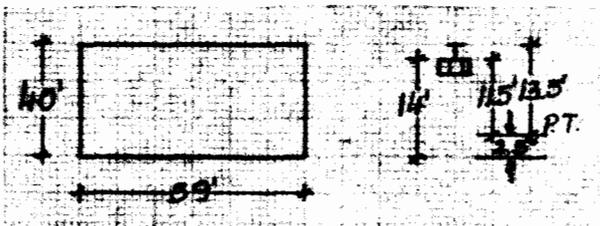
Largo= 59 pies

Alto= 16 pies

4.6.1.1. Para talleres el nivel de iluminación (N.i.) es de 20 Foot-candles, la luminaria suspendida con 2 tubos fluorescentes, tipo directa-luz blanca-montada a 2 pies del tumbado.

Potencia de cada tubo= 40 watts

4.6.1.2.



Area= 2360 pies<sup>2</sup>

Reflexión-tablas-

Tumbado= 50%

Muro= 30%

Piso= 10%

3.4.6.1.3. Relación de cuarto (R.R.)

$$R.R = \frac{2360}{11.5 \times 99} = 2.07$$

3.4.6.1.4. Coeficiente de utilización (C.U.)

Si RR= 2.07 2.1 en tablas el C.U= 0.44

3.4.6.1.5. Coeficiente de mantenimiento (C.M.)

Para mantenimiento defectuoso o insuficiente 0.65 (tablas).

3.4.6.1.6. Lúmenes requeridos (L.r.)

$$L.r = \frac{2360 \times 20}{0.44 \times 0.65} = 165000$$

L.r= 165000 lúmenes

El número de focos o lámparas, conociendo que para éste tipo de tubos de 40 watts, tipo T-12 con base de bujía, de 48" de tubo da 2840 lúmenes, será:

$$\text{Número de focos: } \frac{165000}{2840} \approx 58$$

y el número de luminarias:

$$\text{Número de luminarias} = \frac{58}{2} = 29$$

3.4.6.1.7. Espacio entre luminarias:

Espacio máximo= 0.9 x 14' = 12.6'

$$\text{Número de hileras} = \frac{40}{12.6} = 3.17 \approx 3$$

$$\text{Número de luminarias por hilera} = \frac{29}{3} = 9.66 \approx 10 \text{ unidades/hileras}$$

3.4.6.1.8. Cálculos de comprobación:

Si hay 59' de largo y 10 unidades/hilera

$$\frac{59}{10} = 5.9' \quad y \quad 5.9' < 12.6'$$

Se encuentran a una distancia inferior al espacio máximo.

Si iluminación inicial:

10 unidades/hilera x 3 hileras x 2=60 unidades o focos.

$$\text{Iluminación inicial} = \frac{60 \times 2840}{2360} \times 0.44 = 31.77$$

$$\text{Iluminación de mantenimiento} = 31.77 \times 0.65 = 20.65$$

luego  $20.65 > 20$  Foot-candles

Esta iluminación es mayor que el nivel impuesto.

### 3.4.6.1.9. Energía requerida:

Lámparas: 60

Potencia unitaria= 40 watts

Potencia total= 2400 watts=2.4KW

### 4.6.2. Energía total requerida por la sección aire:

$$KW_{\text{total}} = KW_{\text{máquinas}} + KW_{\text{iluminación}}$$

$$= 7.09 + 2.4$$

$$= 9.49 \text{ KW}$$

Son 9.49 KW

7 Energía requerida por el laboratorio para análisis de materiales:

M A Q U I N A			P O T E N C I A		
Nº	Canti- dad	TIPO	H.P. unitario	H.P. Total	KW Total
1	1	Máquina chequeado ra de trizaduras	64.5	64.5	48
2	1	Banco de ensayo automático ultra- sónico para rue- das de trenes	4	4	3

M A Q U I N A			P O T E N C I A		
N <sup>o</sup>	Canti- dad	TIPO	H.P. unitario	H.P. Total	KW Total
3	1	Máquina óptica para calibración de ruedas de trenes.	6.7	6.7	5
4	1	Torno tipo pórtico para ruedas de trenes.	114	114	85
5	1	Máquina para acabado de pistas de cajas de ruedas de trenes.	13.4	13.4	10

4.7.1. Iluminación del laboratorio para análisis de materiales.

Ancho= 40 pies

Largo= 59 pies

Alto= 16 pies

4.7.1.1. Cálculo para ésta iluminación son los mismos de inciso

3.4.6.1. luego:

Energía requerida:

Lámpara= 60

Potencia unitaria= 40 watts

Potencia total= 2400 watts= 2.4 KW

4.7.2. Energía requerida por el laboratorio para análisis de materiales:

$$KW_{total} = KW_{máquinas} + KW_{iluminación}$$

$$= 151 + 2.4 = 153.4$$

$$= 153.40 \text{ KW}$$

Son 153.40 KW

8. Energía requerida por el taller de electricidad:

M A Q U I N A			P O T E N C I A		
N <sup>o</sup>	Canti- dad	TIPO	H.P. unitario	H.P. Total	KW Total
1	1	Esmeril	0.5	0.5	0.37
2	1	Banco trabajo Megger completo, voltímetro, miliamperímetro, avómetros.	1	1	0.75
3	1	Línea para carga de baterías de unidades propulsoras para carga de 1 a 6 batería de 6 V. etc.	0.16	0.16	0.12
4	1	Soldadora de punto	3	3	2.24
5	1	Soldadora de corriente con un rango de 40 a 400 amp.	2	2	1.49

3.4.8.1. Iluminación taller de electricidad:

Ancho= 40 pies

Largo= 38 pies

Alto= 16 pies

3.4.8.1.1. Cálculos para ésta iluminación son los mismos de inciso 3.4.5.1. luego:

Energía requerida;

Lámparas= 42

Potencia unitaria= 40 watts

Potencia total= 42 x 40= 1680 W= 1.68 KW

3.4.8.2. Energía total requerida por el taller de electricidad.

$$KW_{total} = KW_{máquinas} + KW_{iluminación}$$

$$= 4.97 + 1.68$$

$$= 6.65$$

Son 6.65 KW

3.4.9. Energía requerida por el taller de auto-motores:

M A Q U I N A			P O T E N C I A		
N <sup>o</sup>	Canti- dad	TIPO	H.P. unitario	H.P. total	KW total
1	1	Rectificadora de cigueñal.	10	10	7.46
2	1	Chequeadora y secadora de rulimanes hidráulicos.	5	5	3.73
3	1	Rectificadora de válvulas de precisión.	3	3	2.24
4	1	Esmeril.	0.5	0.5	0.37
5	1	Equipo para prueba de inyectores y de toberas	2	2	1.49
6	1	Soldadora eléctrica portátil.	3	3	2.24

3.4.9.1. Iluminación taller auto-motores.

Ancho= 40 pies

Largo= 75 pies

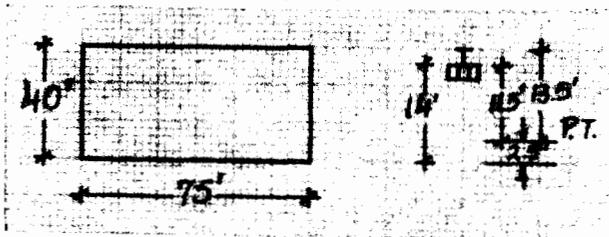
Alto= 16 pies

3.4.9.1.1. Para talleres el nivel de iluminación (N.i.) es de

20 Foot-candles, la luminaria suspendida con 2 tubos fluorescentes, tipo directa-luz blanca-montada a 2 pies del tumbado.

Potencia de cada tubo= 40 watts

3.4.9.1.2.



Area= 3000 pies<sup>2</sup>

Reflexión-tablas-

Tumbado= 50%

Muro= 30%

Piso= 10%

3.4.9.1.3. Relación cuarto (R.R.)

$$RR = \frac{3000}{11.5 \times 115} = 2.27$$

3.4.9.1.4. Coeficiente de utilización (C.U.)

Si RR= 2.27  $\approx$  2.3 en tablas el valor de C.U.= 0.45

3.4.9.1.5. Coeficiente de mantenimiento (C.M.)

Para mantenimiento defectuoso o insuficiente 0.65-tablas-

3.4.9.1.6. Lúmenes requeridos (L.r.)

$$L.r = \frac{3000 \times 20}{0.45 \times 0.65} = 205000 \text{ lúmenes}$$

El número de focos o lámparas, conociendo que para éste tipo de tubos de 40 watts, tipo T-12 con base de bujía, de 48" de tubo da 2840 lúmenes será:

$$\text{Número de focos} = \frac{205000}{2840} = 72.3 \approx 73$$

$$\text{y el número de luminarias} = \frac{73}{2} = 36.5 \approx 37$$

3.4.9.1.7. Espacio entre luminarias:

$$\text{Espacio máximo} = 0.9 \times 14' = 12.6'$$

$$\text{Número de hileras} = \frac{40}{12.6} = 3.18 \approx 3$$

$$\text{Número de luminarias por hilera} = \frac{37}{3} = 12.33 \approx 13 \text{ unidades/hileras}$$

3.4.9.1.8. Cálculos de comprobación:

Si hay 75' de largo y 13 unidades/hilera

$$\frac{75}{13} = 5.77 \text{ y } 5.77' < 12.6$$

Se encuentra a una distancia inferior al espacio máximo.

Si iluminación inicial:

13 unidades/hilera x 3 hileras x 2= 78 lámparas o focos.

$$\text{Iluminación inicial} = \frac{78 \times 2840}{3000} \times 0.45 = 33.22$$

$$\text{Iluminación de mantenimiento} = 33.22 \times 0.65 = 21.6$$

luego: 21.6 > 20 Foot-candles.

Esta iluminación es mayor que el nivel impuesto.

### 3.4.9.1.9. Energía requerida:

Lámparas= 78

Potencia unitaria= 40 watts

Potencia total= 78 x 40= 3120 W= 3.12 KW

### 3.4.9.2. Energía total requerida por el taller auto-motores:

$$KW_{\text{total}} = KW_{\text{máquinas}} + KW_{\text{iluminación}}$$

$$= 17.53 + 3.12$$

$$= 20.65$$

Son 20.65

### 3.4.10. Energía requerida por el taller carrocería-mantenimiento pesado:

M A Q U I N A			P O T E N C I A		
Nº	Canti- dad	TIPO	H.P. unitario	H.P. Total	KW Total
-	4	Tecles	50	200	149.2
-	1	Equipo magnaflux	10	10	7.46
-	1	Equipo magnaglo	10	10	7.46
-	1	Torna mesa	100	100	74.6
-	5	Lavadoras	8	40	29.84

#### 3.4.10.1. Iluminación del taller de carrocería mantenimiento

pesado:

Ancho: 92 pies

Largo: 335 pies

Alto: 16 pies

3.4.10.1.1. Para talleres el nivel de iluminación (N.i) es de 20 Foot-candles, la luminaria suspendida con 2 tubos fluorescentes, tipo directa-luz blanca-montada a 2 pies del tumbado.

Potencia de cada tubo= 40 watts

3.4.10.1.2. Para facilidad de cálculo hago largo= 167.5' o sea la mitad.



Area= 15310 pies<sup>2</sup>

Reflexión-tablas-

Tumbado= 50%

Muro= 30%

Piso= 10%

3.4.10.1.3. Relación de cuarto (R.R.)

$$RR = \frac{15310}{11.5 \times 259.5} = 5.12 \approx 5$$

3.4.10.1.4. Coeficiente de utilización (C.U.)

Si RR  $\approx$  5 en tablas C.U= 0.52

3.4.10.1.5. Coeficiente de mantenimiento (C.M.)

Para mantenimiento defectuoso o insuficiente 0.65-tablas-

3.4.10.1.6. Lúmenes requeridos:

$$L.r.= \frac{14310 \times 20}{0.52 \times 0.65} = 906000$$

$$L.r= 906000 \text{ lúmenes}$$

El número de focos o lámparas, conociendo que para éstos tubos de 40 watts, tipo T-12 con base de bujía, de 48" de tubo da 2840 lúmenes, será:

$$\text{Número de focos} = \frac{906000}{2840} = 319$$

$$\text{y el número de luminarias} = \frac{319}{2} = 159.5 \approx 160$$

3.4.10.1.7. Espacio entre luminarias:

$$\text{Espacio máximo} = 0.9 \times 14' = 12.6$$

$$\text{Número de hileras} = \frac{92}{12.6} = 7.32 \approx 7$$

$$\text{Número de luminarias por hilera} = \frac{160}{7} = 22.84 \approx 23 \text{ unidades/hilera}$$

3.4.10.1.8. Cálculo de comprobación:

Si hay 167.5' de largo y 23 unidades/hilera

$$\frac{167.5}{23} = 7.28 \text{ y } 7.28 < 12.6'$$

Se encuentra a una distancia inferior al espacio máximo.

Si iluminación inicial:

$$23 \text{ unidades/hilera} \times 7 \text{ hilera} \times 2 = 322 \text{ lámparas o focos:}$$

$$\text{Iluminación inicial} = \frac{322 \times 2840}{15310} \times 0.52 = 31.05$$

$$\text{Iluminación de mantenimiento} = 31.05 \times 0.65 = 20.20$$

luego:  $20.20 > 20$  Foot-candles.

Esta iluminación es mayor que el nivel impuesto.

3.4.10.1.9. Energía requerida.

En inciso 3.4.10.1.2. se tomó solamente la mitad del largo total, luego:

Lámparas total: 322 x 2= 644

Potencia unitaria= 40 watts

Potencia total= 644 x 40= 25760 W= 25.76 KW

Son: 25.76 KW

3.4.10.2. Energía total requerida por el taller carrocería mantenimiento pesado:

$$\begin{aligned}
 KW_{total} &= KW_{máquinas} + KW_{iluminación} \\
 &= 268.56 + 25.76 \\
 &= 294.32
 \end{aligned}$$

Son: 294.32 KW

3.4.11. Energía requerida por el taller de fundición:

3.4.11.1.

Se necesitan aproximadamente 940 m<sup>3</sup> de aire para fundir una tonelada de hierro.

Diámetro del revestimiento

interior del cubilote (mts) ..... 0.91..... 1.52

Velocidad de fusión.

(tonelada por hora) ..... 4.1 ..... 11.8

Cuando trabajen los 3 cubilotes, dos de ellos tienen 0.91 mts de diámetro del revestimiento interior y el restante 1.52 mts

la carga plena a producir será: 20  $\frac{TON}{Hr}$

Factor de seguridad por pérdidas

friccionales, presión atmosférica: 25%

o sea:  $18800 \times 0.25 = 4700 \frac{m^3}{Hr.}$

Capacidad total de aire:

$18800 + 4700 = 23500 \frac{m^3}{Hr.} \approx 13830 \text{ c.f.m.}$

La Potencia de ventilación será:

$$P = \frac{h_t \times q}{6355}$$

Siendo: P= H.P. de aire

$h_t =$  Presión total actual (pulgada de agua)

q= Capacidad o volúmen del flujo en c.f.m.

Asumo que Durán tenga en un momento crítico 300 mm. de agua de presión:

luego:

$$h_t = \frac{300 \text{ mm } H_2O \times 0.1942'' H_2O}{4.88 \text{ mm. } H_2O} = 11.93 \text{ pulgadas de agua}$$

$$P = \frac{11.93 \times 13830}{6355} = 25.85 \approx 26 \text{ H.P.}$$

P= 26 H.P.

M A Q U I N A			P O T E N C I A		
Nº	Canti- dad	TIPO	H.P. unitario	H.P. Total	KW Total
1	1	Ventilador ai- re horno cubi- lotes	26	26	19.4

3.4.11.2. Iluminación taller de fundición:

Ancho= 115'

Largo= 246'

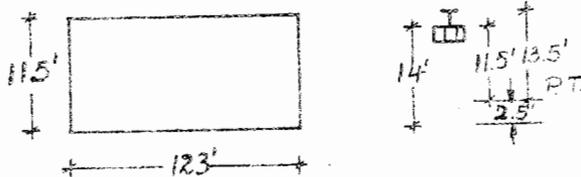
Alto= 16'

3.4.11.2.1. Para talleres el nivel de iluminación (N.i) es de

20 Foot-candles, la luminaria suspendida con 2 tubos fluorescentes, tipo directa-luz blanca montada a 2 pies del tumbado.

Potencia de cada tubo= 40 watts

3.4.11.2.2. Para facilidad de cálculo, hago largo= 123' o sea la mitad.



$$\text{Area} = 14145 \text{ pies}^2$$

Reflexión-tablas-

Tumbado= 50%

Muro= 30%

Piso= 10%

3.4.11.2.3. Relación de cuarto (R.R.)

$$\text{R.R.} = \frac{4145}{11.5 \times 238} = 5.16 \approx 5$$

3.4.11.2.4. Coeficiente de utilización (C.U.)

Si R.R.  $\approx 5$  en tablas C.U= 0.52

3.4.11.2.5. Coeficiente de mantenimiento: (C.M.)

Para mantenimiento defectuoso o insuficiente 0.65-tablas-

3.4.11.2.6. Lumenes requeridos:

$$\text{L.r} = \frac{14145 \times 20}{0.52 \times 0.65} \approx 837.000$$

L.r= 837000 lumenes

El número de focos o lámparas conociendo que para éstos

tubos de 40 watts, tipo T-12 con base de bujía, de 48" de tubo, da 2840 lúmenes, será:

$$\text{Número de focos} = \frac{837000}{3840} = 294.7 \approx 295$$

$$\text{y el número de luminarias} = \frac{295}{2} = 147.5 \approx 148$$

4.11.2.7. Espacio entre luminarias:

$$\text{Espacio máximo} = 0.9 \times 14' = 12.6'$$

$$\text{Número de hileras} = \frac{115'}{12.6} = 9.12 \approx 9$$

$$\text{Número de luminarias por hilera} = \frac{148}{9} = 16.4 \approx 17 \text{ Luminarias/hilera}$$

4.11.2.8. Cálculos de comprobación:

Si hay 123' de largo y 17 unidades/hilera

$$\frac{123}{17} = 7.23' \text{ y } 7.23' < 12.6'$$

Se encuentra a una distancia inferior al espacio máximo.

Si iluminación inicial:

17 unidades/hilera x 9 hileras x 2 = 306 lámparas o focos.

$$\text{Iluminación inicial} = \frac{306 \times 2840}{14145} \times 0.52 = 31.94$$

$$\text{Iluminación de mantenimiento} = 31.94 \times 0.65 = 20.76$$

luego: 20.76 > 20 Foot-candles

Esta iluminación es mayor que el nivel impuesto.

3.4.11.2.9. Energía requerida:

En inciso 3.4.11.1.2. se tomó solamente la mitad del largo

total luego:

$$\text{Lámparas total} = 306 \times 2 = 612$$

$$\text{Potencia unitaria} = 40$$

$$\begin{aligned} \text{Potencia total} &= 612 \times 40 = 24480 \text{ watts} \\ &= 24.48 \text{ KW} \end{aligned}$$

3.4.11.3. Energía total requerida por el taller de fundición:

$$\begin{aligned} \text{KW}_{\text{total}} &= \text{KW}_{\text{máquinas}} + \text{KW}_{\text{iluminación}} \\ &= 19.4 + 24.48 = 43.88 \end{aligned}$$

Son: 43.88 KW

3.4.12. Energía requerida por el taller de herrería:

M A Q U I N A			P O T E N C I A		
N <sup>o</sup>	Canti- dad	TIPO	H.P. unitario	H.P. Total	KW Total
1	9	Fraguas	1	9	6.71
2	1	Constructora de re- maches, pernos clā- vos de línea	12	12	8.95
3	1	Motor inyección combustible para horno de piezas ma- yores: resortes, ejes.	1	1	0.75

3.4.12.1. Iluminación taller de herrería:

Ancho: 89'

Largo: 229'

Alto: 16'

3.4.12.1.1. Para talleres el nivel de iluminación (N.i) es de 20 Foot-candles, la luminaria suspendida con 2 tubos fluorecentes, tipo directo-luz blanca montada a 2 pies del tumbado.

Potencia de cada tubo= 40 watts

3.4.12.1.2. Para facilidad de cálculo hago longitud= 114.5' o sea la mitad



$$\text{Area} = 10190.5 \text{ pies}^2$$

Reflexión-tablas-

$$\text{Tumbado} = 50\%$$

$$\text{Muro} = 30\%$$

$$\text{Piso} = 10\%$$

3.4.12.1.3. Relación de cuarto (R.R.)

$$\text{RR} = \frac{10190.5}{11.5 \times 20.35} = 4.35$$

3.4.12.1.4. Coeficiente de utilización (C.U.)

$$\text{Si RR} = 4.35 \text{ en tablas C.U.} = 0.51$$

3.4.12.1.5. Coeficiente de mantenimiento (C.M.)

Para mantenimiento defectuoso o insuficiente 0.65-tablas-

3.4.12.1.6. Lúmenes requeridos:

$$\text{L.r} = \frac{10190.5 \times 20}{0.51 \times 0.65} = 614000$$

$$\text{L.r} = 614000 \text{ lúmenes}$$

El número de focos o lámparas conociendo que para éstos tubos de 40 watts, tipo T-12 con base de bujía, de 48" de tubo da 2840 lúmenes, será:

$$\text{Número de focos} = \frac{614000}{2840} = 216.2 \approx 216$$

$$\text{y el número de luminarias} = \frac{216}{2} = 108$$

3.4.12.1.7. Espacio entre luminarias:

$$\text{Espacio máximo} = 0.9 \times 14' = 12.6'$$

$$\text{Número de hileras} = \frac{89}{12.6} = 7.06 \approx 7$$

$$\text{Número de luminarias por hilera} = \frac{108}{7} = 15.4 \approx 16 \text{ unidades/hilera}$$

### 3.4.12.1.8. Cálculo de comprobación:

Si hay 114,5' de largo y 16 unidades/hilera.

$$\frac{114.5}{16} = 7.15 \text{ y } 7.15' < 12.6'$$

Se encuentra a una distancia inferior al espacio máximo.

Si iluminación inicial:

16 unidades/hilera x 7 x 2 = 224 lámparas o focos.

$$\text{Iluminación inicial} = \frac{224 \times 2840}{10190.5} \times 0.51 = 31.85$$

Iluminación de mantenimiento = 31.85 x 0.65 = 20.73

luego 20.73 > 20 Foot-candles

Esta iluminación es mayor que el nivel impuesto.

### 3.4.12.1.9. Energía requerida:

En inciso 3.4.12.1.2. se tomó solamente la mitad del largo total, luego:

Lámparas total = 224 x 2 = 448

Potencia unitaria = 40 watts

Potencia total = 448 x 40 = 17920 watts = 17.92 KW

### 3.4.12.2. Energía requerida por el taller de herrería:

$$\begin{aligned} \text{KW}_{\text{total}} &= \text{KW}_{\text{máquinas}} + \text{KW}_{\text{iluminación}} \\ &= 16.41 + 17.92 = 34.33 \text{ KW} \end{aligned}$$

Son: 34.33 KW

### 4.13. Iluminación de bodegas de materiales para los talleres de fundición y herrería:

Ancho = 66'

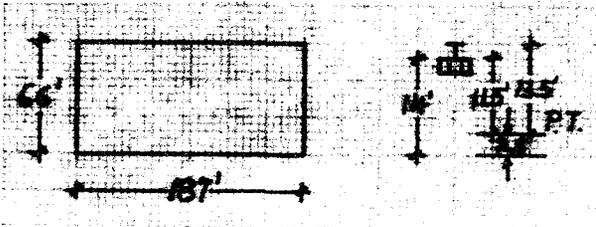
Largo = 187'

Alto= 16'

3.4.13.1. Para bodegas el nivel de iluminación (N.i) es de 15 Foot-candles, la luminaria suspendida con 2 tubos fluorescentes, tipo directo-luz blanca-montada a 2 pies del tumbado.

Potencia de cada tubo= 40 watts

3.4.13.2.



Area= 12342 pies<sup>2</sup>

Reflexión-tablas-

Tumbado= 50%

Muro= 30%

Piso= 10%

3.4.13.3. Relación de cuarto (R.R.)

$$RR = \frac{12342}{11.5 \times 253} = 4.24$$

3.4.13.4. Coeficiente de utilización (C.U.)

Si RR= 424 en tablas C.U= 0.51

3.4.13.5. Coeficiente de mantenimiento (C.M.)

Para mantenimiento defectuoso o insuficiente C.M=0.65-tablas-

3.4.13.6. Lumenes requeridos:

$$L.r = \frac{12342 \times 15}{0.51 \times 0.65} = 558000$$

L.r= 558000 lumenes.

El número de focos o lámparas conociendo que para éstos

tubos de 40 watts, tipo T-12 con base de bujía, de 48" de tubo da 2840 lumenes, será:

$$\text{Número de focos} = \frac{558000}{2840} = 196.5 \approx 197$$

$$\text{y el número de luminarias} = \frac{197}{2} = 98.5 \approx 99$$

### 3.4.13.7. Espacio entre luminarias:

$$\text{Espacio máximo} = 0.9 \times 14' = 12.6'$$

$$\text{Número de hileras} = \frac{66}{12.6} = 5.24 \approx 5$$

$$\text{Número de luminarias por hilera} = \frac{99}{5} = 19.8 \approx 20 \text{ unidades/hilera}$$

### 3.4.13.8. Cálculos de comprobación:

Si hay 187' de largo y 20 unidades/hilera

$$\frac{187}{20} = 9.35' \quad \text{y} \quad 9.35' < 12.6'$$

Se encuentra a una distancia inferior al espacio máximo

Si iluminación inicial:

$$20 \text{ unidades/hilera} \times 5 \text{ hileras} \times 2 = 200 \text{ lámparas o focos.}$$

$$\text{Iluminación inicial} = \frac{200 \times 2840}{12342} \times 0.51 = 23.45 \text{ Foot-candles}$$

$$\text{Iluminación de mantenimiento} = 23.45 \times 0.65 = 15.29$$

$$\text{luego: } 15.29 > 15 \text{ Foot-candles}$$

Esta iluminación es mayor que el nivel impuesto.

### 3.4.13.9. Energía total requerida por las bodegas de materiales de fundición y herrería:

$$\text{Lámparas} = 200$$

$$\text{Potencia unitaria} = 40 \text{ watts}$$

$$\text{Potencia total} = 200 \times 40 = 8000 \text{ watts}$$

Son: 8 KW

3.4.14. Iluminación de la sección para servicio de la parrilla.

Ancho= 30 pies

Largo= 187 pies

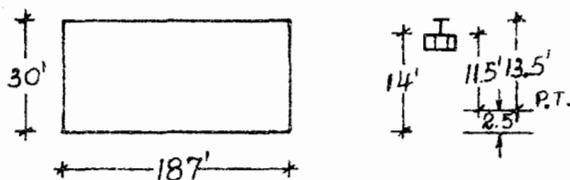
Alto= 16 pies

3.4.14.1. Para talleres el nivel de iluminación (N.i) es de 20

Foot-candles, la luminaria suspendida con tubos fluorescentes, tipo directo-luz blanca-montada a 2 pies del tumbado.

Potencia de cada tubo= 40 watts

3.4.14.2.



Area= 5610 pies<sup>2</sup>

Reflexión-tablas-

Tumbado= 50%

Muro= 30%

Piso= 10%

3.4.14.3. Relación de cuarto (R.R.)

$$RR = \frac{5610}{11.5 \times 217} = 2.25 \approx 2.3$$

3.4.14.4. Coeficiente de utilización (C.U.)

Si RR= 2.3 en tablas C.U= 0.45

3.4.14.5. Coeficiente de mantenimiento (C.M.)

Para mantenimiento defectuoso o insuficiente C.M= 0.65-tablas-

3.4.14.6. Lúmenes requeridos:

$$L.r = \frac{5610 \times 20}{0.45 \times 0.65} = 383600$$

$$L.r = 383600 \text{ lúmenes}$$

El número de focos o lámparas conociendo que para éstos tubos de 40 watts, tipo T-12 con base de bujía, de 48" da 2840 lúmenes, será:

$$\text{Número de focos} = \frac{383600}{2840} = 135.07 \approx 135$$

$$\text{y el número de luminarias} = \frac{135}{2} = 67.5 \approx 68$$

3.4.14.7. Espacio entre luminarias:

$$\text{Espacio máximo} = 0.9 \times 14' = 12.6'$$

$$\text{Número de hileras} = \frac{30}{12.6} = 2.38 \approx 2$$

$$\text{Número de luminarias por hilera} = \frac{68}{2} = 34 \text{ unidades/hilera}$$

3.4.14.8. Cálculos de comprobación:

Si hay 187' de largo y 34 unidades/hilera

$$\frac{187}{34} = 5.5' \text{ y } 5.5' < 12.6'$$

Se encuentra a una distancia inferior al espacio máximo.

Si iluminación inicial:

$$34 \text{ unidades/hilera} \times 2 \text{ hileras} \times 2 = 136 \text{ lámparas o focos.}$$

$$\text{Iluminación inicial} = \frac{136 \times 2840}{5610} \times 0.45 = 30.98$$

$$\text{Iluminación de mantenimiento} = 30.98 \times 0.65 = 20.14 \text{ Foot-candles}$$

$$\text{luego: } 20.14 > 20 \text{ Foot-candles}$$

Esta iluminación es mayor que el nivel impuesto.

3.4.14.9. Energía total requerida por la sección para servicio

de la parrilla:

Lámparas= 136

Potencia unitaria= 40 watts

Potencia total= 136 x 40= 5440 watts.

= 5.44 KW

Son: 5.44 KW

3.4.15. Iluminación de la sección generación de energía:

Ancho= 56'

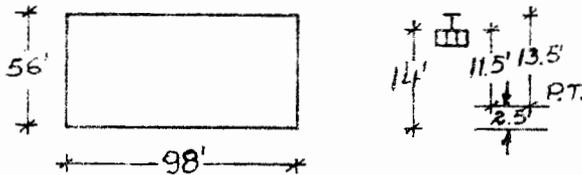
Largo= 98'

Alto= 16'

3.4.15.1. Para ésta sección el nivel de iluminación (N.i) es de 30 Foot-candles, la luminaria suspendida con 2 tubos fluorescentes, tipo directo-luz blanca-montada a 2 pies del tumbado.

Potencia de cada tubo= 40 watts.

3.4.15.2.



Area= 5488 pies<sup>2</sup>

Reflexión-tablas-

Tumbado= 50%

Muro= 30%

Piso= 10%

3.4.15.3. Relación de cuarto (R.R.)

$$RR = \frac{5488}{11.5 \times 154} = 3.09$$

3.4.15.4. Coeficiente de utilización (C.U.)

Si  $RR = 3.09$  en tablas  $C.U = 0.47$

3.4.15.5. Coeficiente de mantenimiento (C.M.)

Para mantenimiento defectuoso o insuficiente  $C.M = 0.65$ -tablas -

3.4.15.6. Lúmenes requeridos (L.r.)

$$L.r = \frac{5488 \times 30}{0.47 \times 0.65} = 53900$$

L.r = 53900 lúmenes

El número de focos o lámparas conociendo que para éstos tubos de 40 watts, tipo T-12 con base de bujía, de 48" de tubo da 2840 lúmenes, será:

$$\text{Número de focos} = \frac{539000}{2840} = 189.78 \approx 190$$

$$\text{Número de luminarias} = \frac{190}{2} = 95$$

3.4.15.7. Espacio entre luminarias:

Espacio máximo =  $0.9 \times 14' = 12.6'$

$$\text{Número de hileras} = \frac{56}{12.6} = 4.44 \approx 4$$

$$\text{Número de luminarias por hilera} = \frac{95}{4} = 23.75 \approx 24 \text{ unidades/hilera}$$

3.4.15.8. Cálculos de comprobación:

Si hay 98' de largo y 24 unidades/hilera

$$\frac{98}{24} = 4.08 \text{ y } 4.08' < 12.6'$$

Se encuentra a una distancia inferior al espacio máximo.

Si iluminación inicial:

24 unidades/hileras x 4 hileras x 2 = 192 lámparas o focos

$$\text{Iluminación inicial} = \frac{192 \times 2840}{5488} \times 0.47 = 46.69$$

$$\text{Iluminación de mantenimiento} = 46.69 \times 0.65 = 30.35$$

luego  $30.35 > 30$  Foot-candles

Esta iluminación es mayor que el nivel impuesto.

3.4.15.9. Energía total requerida por la sección generación de energía:

Lámparas: 192

Potencia unitaria= 40 watts

Potencia total=  $192 \times 40 = 7680$  watts

$$= 7.68 \text{ KW}$$

Son 7.68 KW

3.4.16. Iluminación de las oficinas y almacenes principales:

Ancho: 95'

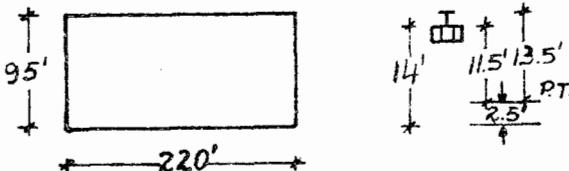
Largo: 220'

Alto: 16'

3.4.16.1. Para ésta sección el nivel de iluminación (N.i) es de 30 Foot-candles, la luminaria suspendida con 2 tubos fluorescentes, tipo directa-luz blanca- montada a 2 pies del tumbado.

Potencia de cada tubo= 40 watts

3.4.16.2.



$$\text{Area} = 20900 \text{ pies}^2$$

Reflexión-tablas-

$$\text{Tumbado} = 50\%$$

$$\text{Muro} = 30\%$$

$$\text{Piso} = 10\%$$

4.16.3. Relación de cuarto (R.R.)

$$\text{RR} = \frac{20900}{11.5 \times 315} = 5.76$$

4.16.4. Coeficiente de utilización (C.U.)

$$\text{Si RR} = 5.76 \text{ en tablas C.U.} \approx 0.52$$

4.16.5. Coeficiente de mantenimiento (C.M.)

Para mantenimiento defectuoso o insuficiente C.M.=0.65-tablas-

4.16.6. Lúmenes requeridos (L.r.)

$$\text{L.r.} = \frac{20900 \times 30}{0.52 \times 0.65} = 1855000$$

$$\text{L.r.} = 18550.00 \text{ lúmenes}$$

El número de focos o lámparas conociendo que para éstos tipos de 40 watts, tipo T-12 con base de bujía de 48" de tubo da 2840 lúmenes, será:

$$\text{Número de focos} = \frac{1855000}{2840} = 653.16 \approx 653$$

$$\text{Número de luminarias} = \frac{653}{2} = 326.5 \approx 327$$

4.16.7. Espacio entre luminarias:

$$\text{Espacio máximo} = 0.9 \times 14 = 12.6'$$

$$\text{Número de hileras} = \frac{95}{12.6} = 7.54 \approx 7$$

$$\text{Número de luminarias por hilera} = \frac{327}{7} = 46.71 \approx 47 \text{ unidades/hilera}$$

3.4.16.8. Cálculos de comprobación:

Si hay 220' de largo y 47 unidades/hilera.

$$\frac{220}{47} = 4.68 \quad \text{y} \quad 4.68' < 12.6'$$

Se encuentra a una distancia inferior al espacio máximo.

Si iluminación inicial:

47 unidades/hilera x 7 hileras x 2 = 658 lámparas o focos.

$$\text{Iluminación inicial} = \frac{658 \times 2840}{20900} \times 0.52 = 46.49 \text{ Foot-candles.}$$

$$\text{Iluminación de mantenimiento} = 46.49 \times 0.65 = 30.22$$

$$\text{luego: } 30.22 > 30$$

Esta iluminación es mayor que el nivel impuesto;

3.4.16.9. Energía total requerida por las oficinas y almacenes principales:

$$\text{Lámparas} = 658$$

$$\text{Potencia unitaria} = 40 \text{ watts}$$

$$\text{Potencia total} = 658 \times 40 = 26320 \text{ watts}$$

$$= 26.32 \text{ KW}$$

$$\text{Son: } 26.32 \text{ KW}$$

3.4.17. Iluminación de bodega de lubricantes:

$$\text{Ancho} = 49'$$

$$\text{Largo} = 79'$$

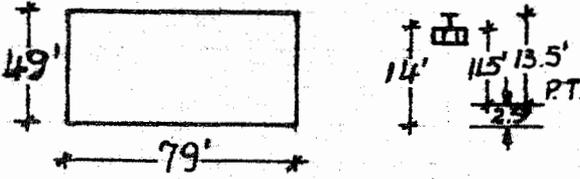
$$\text{Alto} = 16'$$

3.4.17.1. Para bodega el nivel de iluminación (N.i) es de 15

Foot-candles; la luminaria suspendida con 2 tubos fluorescentes, tipo directo-luz blanca-montada a 2 pies del tumbado.

$$\text{Potencia de cada tubo} = 40 \text{ watts}$$

3.4.17.2.



Area: 3871 pies<sup>2</sup>

Reflexión-tablas-

Tumbado= 50%

Muro= 30%

Piso= 10%

3.4.17.3. Relación de cuarto (R.R.)

$$RR = \frac{3871}{11.5 \times 128} = 2.63$$

3.4.17.4. Coeficiente de utilización (C.U.)

Si RR= 2.63 en tablas C.U= 0.46

3.4.17.5. Coeficiente de mantenimiento (C.M.)

Para mantenimiento defectuoso o insuficiente C.M= 0.65-tablas-

3.4.17.6. Lúmenes requeridos:

$$L.r = \frac{3871 \times 15}{0.46 \times 0.65} = 194200$$

L.r= 194200 lúmenes.

El número de focos o lámparas conociendo que para éstos tubos de 40 watts, tipo T-12 con base de bujía, de 48" de tubo da 2840 lúmenes, será:

$$\text{Número de focos} = \frac{194200}{2840} = 68.38 \approx 69$$

$$\text{Número de luminarias} = \frac{69}{2} = 34.5 \approx 35$$

3.4.17.7. Espacio entre luminarias.

Espacio máximo=  $0.9 \times 14' = 12.6'$

Número de hileras=  $\frac{49}{12.6} = 3.89 \approx 4$

Número de luminarias por hilera=  $\frac{35}{4} = 8.75 \approx 9$  unidades/hilera

### 3.4.17.8. Cálculos de comprobación:

Si hay 79' de largo y 9 unidades/hilera

$$\frac{79}{9} = 8.79 \text{ y } 8.79' < 12.6'$$

Se encuentra a una distancia inferior al espacio máximo.

Si iluminación inicial:

9 unidades/hilera x 4 hileras x 2= 72 lámparas o focos.

$$\text{Iluminación inicial} = \frac{72 \times 2840}{3871} \times 0.46 = 24.30$$

Iluminación de mantenimiento=  $24.30 \times 0.65 = 15.80$

luego  $15.80 > 15$  Foot-candles

Esta iluminación es mayor que el nivel impuesto.

### 3.4.17.9. Energía total requerida por la bodega de lubricantes:

Lámparas= 72

Potencia unitaria= 40 watts

Potencia total=  $72 \times 40 = 2880$  watts

$$= 2.88 \text{ KW}$$

Son: 2.88 KW

### 3.4.17.10. Energía total de la Central de Mantenimiento será:

$$\text{KW}_{\text{total}} = \text{KW}_{\text{Central de Mantenimiento}} + \text{KW}_{\text{Talleres y más secciones}}$$

TALLERES O SECCIONES	POTENCIA KWS
Taller de carpintería	50.19
Sección pintura	2.88
Taller carrocería, mesa de transferencia, sección zanjás.	273.16
Taller de máquinas-herramientas.	212.20
Sección hojalatería.	6.73
Sección aire.	9.49
Laboratorio para análisis de materiales.	153.40
Taller electricidad.	6.65
Taller auto-motores.	20.65
Taller carrocería - Mantenimiento pesado.	294.32
Taller de fundición.	43.88
Taller de herrería.	34.33
Bodegas para materiales de taller fundición y herrería.	8.00
Sección parrilla.	5.44
Sección generación de energía.	7.68
Oficinas y almacenes principales.	26.32
Bodega de lubricante.	2.88

Total----- 1158.20 KW

Factor de seguridad= 3% de potencia total será:

$$= 34.75 \text{ KW}$$

Luego: potencia ha necesitarse será:

$$\text{KW} = 1158.20 + 34.75$$

$$= 1192.95 \text{ KW}$$

Potencia  $\approx$  1200 KW

IV.- P O D E R Y S E R V I C I O D E P L A N T A

4.1. ESTUDIO TERMO-ELECTRICO.-

Se estableció en inciso 3.4.17.10. que la potencia de la Central de Mantenimiento es de  $\approx$  1200 KW; para obtener ésta energía asumo un sistema,, que reuna las siguientes características:

Caldera de 500 H.P.

Presión caldero: 12000 psia

Temperatura vapor: 1000°F

Presión condesador: 1.5" Hg.abs.

Presión de extracción del estado: 90 psia.

Eficiencia de la parte de la

turbina entre la entrada

y extracción del estado: 80%

Eficiencia de la parte de la

turbina entre la extracción

del estado y condensador: 75%

Eficiencia del generador: 80%

4.1.1. Análisis del sistema:

Temperatura de saturación a 90 psia-----	320.27°F
Entalpía de condensación: $h_4$ -----	59.71 $\frac{\text{BTU}}{\text{lb}}$
Entropía de condensación: $s_4$ -----	0.1147 $\frac{\text{BTU}}{\text{lb}^\circ\text{F}}$
Entropía de líquido entrando	
al calentador: $s_5$ -----	0.1147 $\frac{\text{BTU}}{\text{lb}^\circ\text{F}}$
Presión líquido entrando	
al calentador -----	1200 psia

Entalpía líquido entrando

al calentador:  $h_5$  -----  $63.40 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}}$   
 (tabla 4 con  $s_5 = 50.1147$ )  
 $p = 1200$

El líquido abandona el  
 serpentín del calentador a

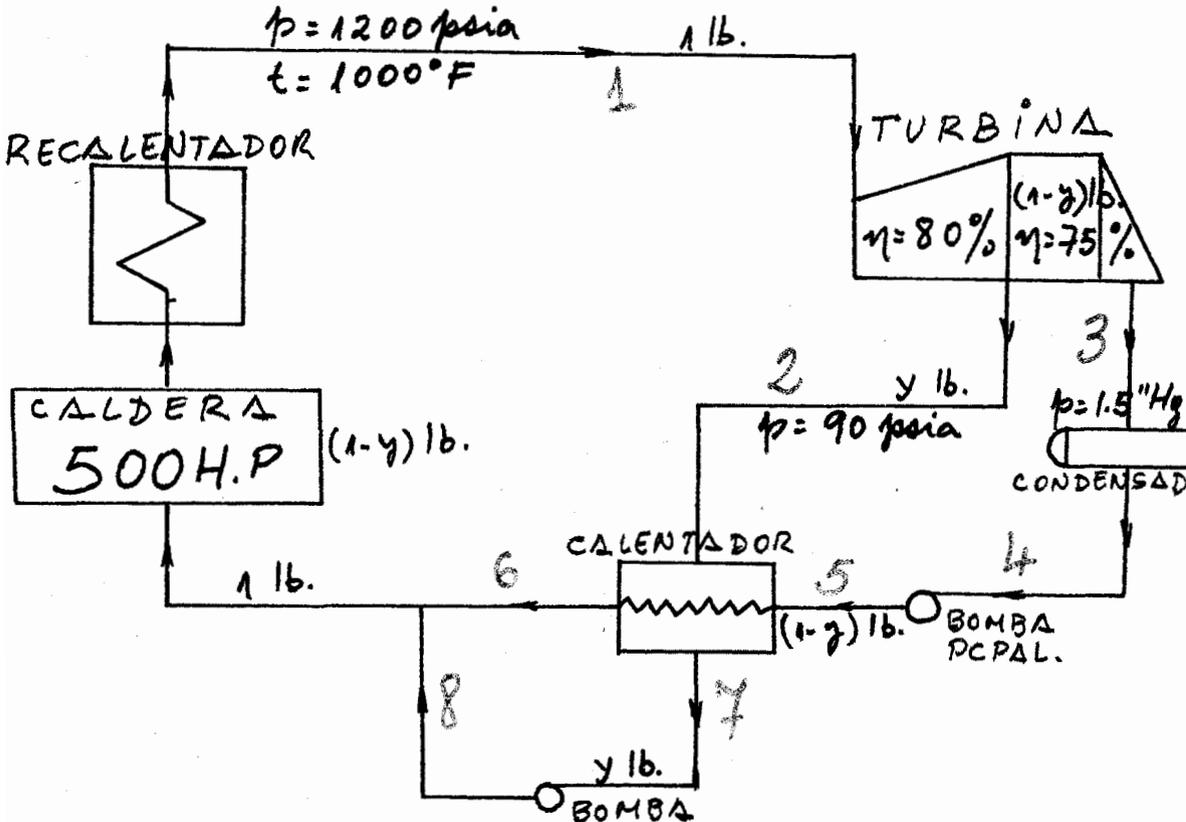
1200 psia y  $320.27^\circ\text{F}$ :

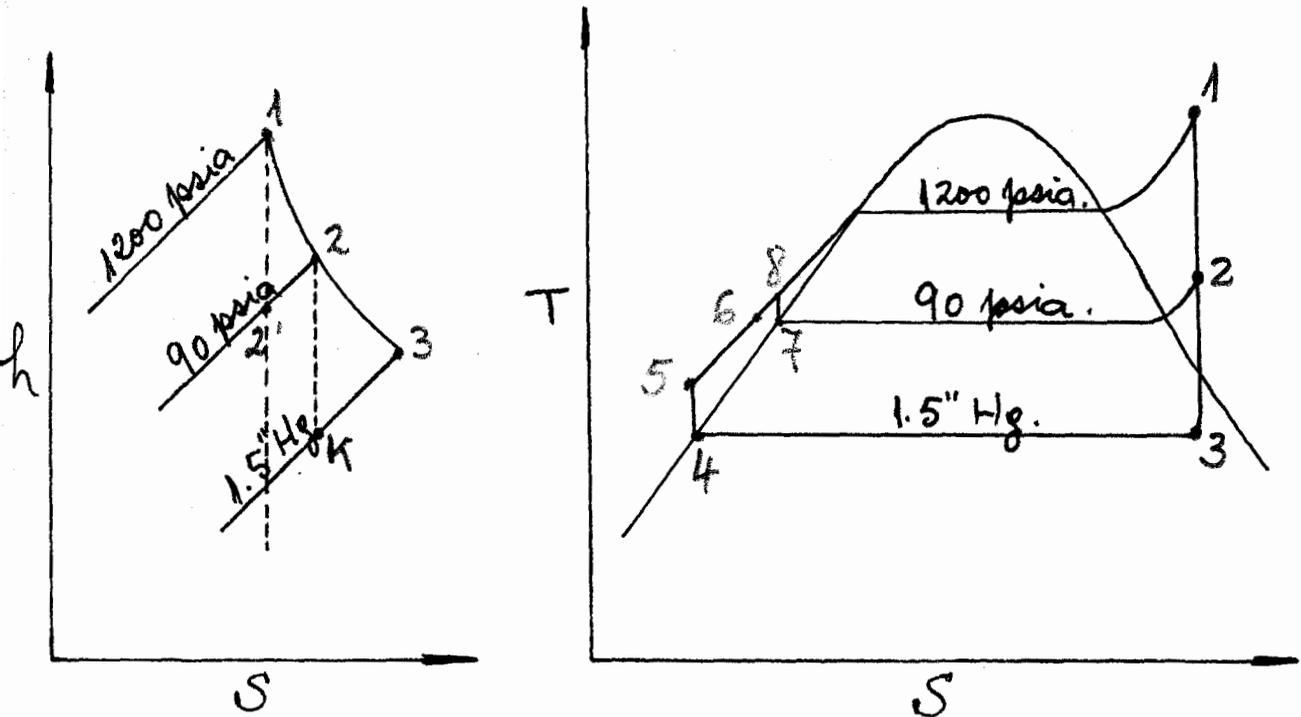
Entalpía del líquido abando-

nando el serpentín  $h_6$  -----  $294.47$   
 (en T-4 con  $p = 1200$ )  
 $t = 320.27^\circ\text{F}$

Entalpía del vapor condensado

del calentador  $h_7$  -----  $290.56$   
 ( $p = 90$  psia  $t = 320.27$ )  
 T-2





$P_1 = 1200 \text{ psia. } t_1 = 1000^\circ \text{F} \quad h_1 = 1499.2$   
 $s_1 = 1.6293$   
 $P_2 = 90 \text{ psia} \quad h_2 = 1199.6$   
 $s_2 = 1.6293$

$h_2 = h_1 - 0.80 (h_1 - h_2) =$   
 $= 1499.2 - 0.80 (1499.2 - 1199.6) =$   
 $= 1259.52$

y = salida de la masa de fluido en el estado de extracción cuando una unidad de masa entra a la turbina.

será:

$$y \cdot h_2 + (1-y) h_5 = y \cdot h_7 + (1-y) \cdot h_6$$

$$y = \frac{h_6 - h_5}{h_2 - h_7 + h_6 - h_5} =$$

$$y = \frac{294.47 - 63.40}{1259.52 - 290.56 + 294.47 - 63.40} =$$

$$y = \frac{231.07}{1200.03} = 0.1925$$

$$y = 0.19$$

1.1.1. Trabajo deliberado por la Turbina:

$$WK_T = h_1 - h_2 + (1-y) \sqrt{x} (h_2 - h_k)$$

Turbina  
salida

El estado K es identificado por la presión, nominalmente:

1.5" Hg. y por la entropía que para éste estado es la misma de 2.

$s_2$ : con  $p_2 = 90$  psia.

$$h_2 = 1259.52 \frac{\text{B.T.U}}{\text{lb.}}$$

$$s_2 = 1.699 = s_k$$

$$p_k = 1.5" \text{ Hg.}$$

el % de humedad será:

$$s_k = s_g - m s_{fg}$$

$$1.699 = 2.0041 - m 1.8894$$

$$m = 0.1615 = 16.15\%$$

luego:

$$h_k = h_g - m \cdot h_{fg}$$

$$= 1101.7 - 0.1615 (1042.0) =$$

$$= 1101.7 - 168.28 = 933.42$$

$$h_g = 933.42 \frac{\text{B.T.U}}{\text{lb.}}$$

el trabajo deliberado por la Turbina será:

$$WK_T = 1499.2 - 1259.52 + (1 - 0.19) 0.75 (1259.52 - 933.42)$$

$$= 1499.2 - 1259.52 + 198.11 = 437.79$$

$$WK_T = 437.79 \frac{\text{B.T.U.}}{\text{lb.}}$$

4.1.1.2. El trabajo negativo del ciclo está dado por:

$$W_{P1} + W_{P2} = (1-y)(h_5 - h_4) + y(h_8 - h_7)$$

$$s_7 = s_8 = 0.4641$$

$$\underline{T-4} \quad s_f = s_8 = 0.4641$$

$$p = 1200 \text{ psia}$$

$$h_f = 291.79$$

$$h - h_f = 3.5 \text{ (fig. 3: Thermodynamics Tables Keenan and Keyes)}$$

$$h_8 = 3.5 + 291.79 = 295.29$$

$$h_8 = 295.29 \frac{\text{B.T.U.}}{\text{lb.}}$$

El trabajo negativo del ciclo será:

$$W_{P1} + W_{P2} = (1-0.19)(63.40 - 59.71) + 0.19(295.29 - 290.56) =$$

$$= 0.81 \times 3.69 + 0.19 \times 4.73 =$$

$$= 2.99 + 0.89 = 3.88$$

$$= 3.88 \frac{\text{B.T.U.}}{\text{lb.}}$$

4.1.1.3. Trabajo neto del ciclo:

$$W_{\text{neto ciclo}}^{\text{K}} = W_{\text{turbina}}^{\text{K}} - (W_{P1} + W_{P2}) = 437.79 - 3.88 = 433.91$$

$$= 433.91 \frac{\text{B.T.U.}}{\text{lb.}}$$

4.1.1.4. Calor añadido al fluido en el generador de vapor por

lbs. de vapor generado:

$$Q_g = h_1 - (1-y)h_6 - yh_8$$

$$= 1499.2 - (1-0.19)294.47 - 0.19 \times 295.29$$

$$= 1499.2 - 238.57 - 56.10$$

$$Q_g = 1204.53 \frac{\text{B.T.U.}}{\text{lb.}}$$

4.1.1.5. Calor suplido por Kw-Hr de trabajo deliberado es:

$$1204.53 \times \frac{3413}{433.91} = 9488 \frac{\text{B.T.U.}}{\text{Kw-Hr.}}$$

4.1.1.6. Eficiencia del ciclo será:

$$= \frac{433.91}{1204.53} \approx 36\%$$

4.1.1.7. Ahora, si no hubiera existido extracción de vapor para calentamiento del agua de alimentación todo el líquido alimentado al generador de vapor estaría en un estado correspondiente a la sección 5.-ver gráfico.-El calor añadido al fluido en el generador de vapor por libra de vapor generado sería entonces:

$$h_1-h_5=1499.2-63.40=1435.80 \frac{\text{B.T.U.}}{\text{lb.}}$$

y el trabajo efectuado por cada libra de fluido pasando a través de la turbina deberá ser:

$$h_1-h_3=h_1-h_2+0.75 (h_2-h_k)$$

$$h_1-h_3= 1499.2-1259.52+0.75(1259.52-933.42)$$

$$= 1499.2-1259.52+244.58$$

$$= 484.26 \frac{\text{B.T.U.}}{\text{lb.}}$$

Entonces el trabajo neto del ciclo es el trabajo dado por la turbina menos el trabajo de la bomba de alimentación.

$$\text{Trabajo neto} = 484.26 - (h_5 - h_4)$$

$$= 484.26 - (63.40 - 59.71)$$

$$= 484.26 - 3.69$$

$$= 480.57 \frac{\text{B.T.U.}}{\text{lb.}}$$

Que es apreciablemente mayor que el trabajo neto del ciclo de extracción por libra de vapor generado. El calor suplido por Kw-Hr. de trabajo sería:

$$\frac{1435.80 \times 3413}{480.57} = 10170.74 \frac{\text{B.T.U.}}{\text{Kw-Hr}}$$

Con la extracción del vapor para calentamiento del agua de

alimentación, el calor proporcionado fué 9488  $\frac{\text{B.T.U.}}{\text{Kw-Hr}}$ .

y la economía resultante del calentamiento regenerativo es entonces:

$$\frac{10170.74 - 9488}{10170.74} = \frac{682.74}{10170.74} = 6.71\%$$

1.2. Balance termodinámico del sistema:

Nº	Presión psia	Temperatura °F	Entropía BTU/F-lb	Entalpía BTU/lb.
1	1200	1000	1.6293	1499.2
2'	90	345.36	1.6293	1199.6
2			1.699	1259.2
k	1.5" Hg		1.699	933.42
3	1.5" Hg		1.8469	1014.94
4	1.5" Hg		0.1147	59.71
5	1200		0.1147	63.40
6	1200	320.27	0.463	294.47
7	90	320.27	0.4641	290.56
8	1200	321.83	0.4641	295.29
9	1200	320.56	0.46355	294.96

$$b = h - T_0 s$$

h = entalpía del punto

$T_0$  = temperatura de la condensación del agua

$$T_0 = 50 + 460 = 510^\circ \text{F abs.}$$

s = entropía del punto

$$b_1 = 1499.2 - 830.94 = 668.26$$

$$b_2 = 1259.2 - 866.49 = 392.71$$

$$b_3 = 1014.94 - 943.50 = 71.44$$

$$b_4 = 59.71 - 58.49 = 1.22$$

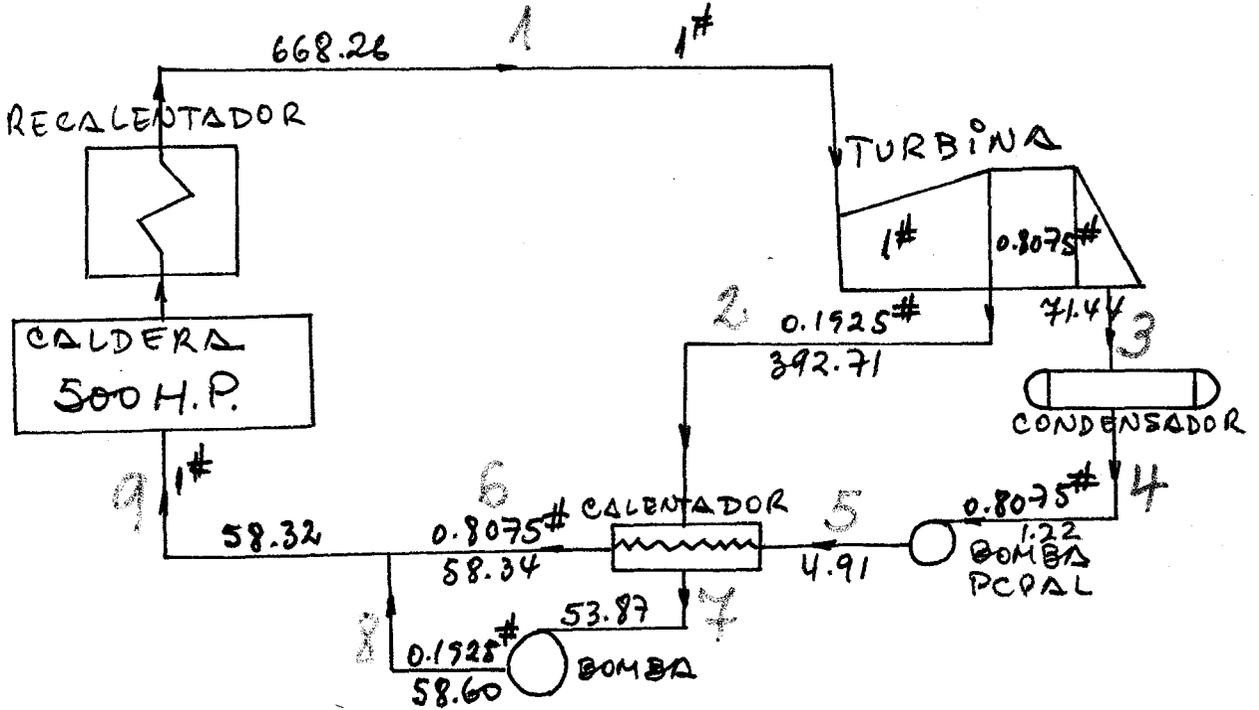
$$b_5 = 63.40 - 58.49 = 4.91$$

$$b_6 = 294.47 - 236.13 = 58.34$$

$$b_7 = 290.56 - 236.69 = 53.87$$

$$b_8 = 295.29 - 236.69 = 58.60$$

$$b_9 = 294.96 - 236.64 = 58.32$$



1.1.2.1. Aumento de Capacidad:

$$\text{Aumento de capacidad} = (\sum \text{wb})_{\text{salida}} - (\sum \text{wb})_{\text{entrada}}$$

Aumentos de capacidades: B.T.U.                      % de Total

Bombas principal de  
alimentación:

$$0.8075 (4.91 - 1.22) = 2.9 \quad 0.47$$

Bomba para purgar agua  
del calentador:

$$0.1925 (58.60 - 53.87) = 0.9 \quad 0.15$$

Caldero y recalentador:

$$668.26 - 58.32 = 609.9 \quad 99.38$$

---


$$\text{T O T A L} \text{-----} \quad 613.7 \quad 100.00$$

4.1.2.2. Disminución de capacidad:

Disminuciones de capacidad:	B.T.U.	% de Total	Eficacia %
Turbina: punto de extracción:			
392.71-668.26	= -275.5	44.89	87.11
Turbina: punto de extracción a descarga:			
0.8075(71.44-392.71)	= -259.4	42.27	76.04
Condensador:			
0.8075(1.22-71.44)	= - 56.7	9.24	
Extracción del calentador:			
(0.8075x58.34+0.1925x53.87) -(0.1925x392.71+0.8075x4.91)=-22.1		3.60	
<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>
TOTAL-----	-613.7	100.00	

4.1.2.3. Energía de entrada

Energía de entrada (calor agregado + trabajo añadido) =  $(\sum wh)$  salida  $(\sum wh)$  entrada

Energía de entrada:	B.T.U.
Bomba principal de alimentación:	
0.8075 (63.40-59.71) =	2.98
Bomba para purgar agua del calentador:	
0.1925 (295.29-290.56) =	0.91
Caldero y recalentador:	
1499.2-294.96 =	1204.24
<hr/>	<hr/>
Energía total de entrada-----	1208.13

Calor añadido -----1204.53

4.1.2.4. Energía de salida:

Energía de salida:	Trabajo B.T.U.	Eficiencia %
Turbina: punto de extrac ción:		
1259.2-1499.2 =	-240.00	80.10 $\frac{h_1-h_2}{h_1-h_{2'}}$
Turbina: punto de extrac ción a descarga:		
0.8075(1014.94-1259.2)=	-197.24	75.00 $\frac{WK-(h_1-h_2)}{(1-y)(h_2-h_k)}$
<hr/>		
T O T A L -----	437.24	

1.2.5. Trabajo neto del ciclo:

$$\begin{aligned} \text{Trabajo neto del ciclo} &= \text{Trabajo de la Turbina} - \text{Trabajo de las bombas} \\ &= 437.24 - 3.89 = 433.35 \\ &= 433.35 \end{aligned}$$

1.2.6. Eficacia de la turbina:

$$\begin{aligned} \text{Eficacia de la turbina} &= \frac{437.24}{275.5 + 259.4} = \frac{437.24}{534.90} \\ &= 81.74\% \end{aligned}$$

1.2.7. Eficacia de la planta de poder:

$$\begin{aligned} \text{Eficacia de la planta de poder} &= \frac{437.24}{613.7} = 71.25\% \\ &= 71.25\% \end{aligned}$$

4.1.2.8. Eficiencia térmica de la planta de poder.

Eficiencia térmica de la

planta de poder (asumiendo  $= \frac{433.35}{1204.53} = 35.98\%$

100% eficiencia caldera)

$= 35.98\%$

4.1.2.9. Flujo total de vapor:

1 H.P. caldero =  $33475 \frac{\text{B.T.U.}}{\text{Hr.}}$

$500 \times 33.475 = 16737500 \frac{\text{B.T.U.}}{\text{Hr.}}$

$w_s = \frac{\text{Poder caldera}}{Q} = \frac{167.375 \times 10^2 \frac{\text{B.T.U.}}{\text{Hr.}}}{1204.53 \frac{\text{B.T.U.}}{\text{lb.}}} =$

$w_s = 138.9546 \times 10^2 = 13895.46$

$w_s = 13895.46 \frac{\text{lbs}}{\text{Hr.}}$

4.1.2.10. Trabajo de la turbina:

$WK_T = 437.79 \frac{\text{B.T.U.}}{\text{lb.}} \times 13895.46 \frac{\text{lbs}}{\text{Hr.}}$

$= 6.083,293.43 \frac{\text{B.T.U.}}{\text{Hr.}}$

4.1.2.11. Trabajo del generador:

$WK_G = \eta_G \times WK_t$

$= 0.80 \times 6,083.293.43 = 4,866,634.74$

$WK_G = 4,866,634.74 \frac{\text{B.T.U.}}{\text{Hr.}}$

Si: 1KW-Hr = 3413 B.T.U.

Potencia Generador =  $\frac{4,866,634.74}{3413} = 1425.91 \text{ KW}$

Potencia  $\approx$  1430 KW generador

Este valor cubre completamente las necesidades de energía de la Central de Mantenimiento.

## 2. SERVICIO DE COMBUSTIBLE.-

El combustible requerido por la planta de vapor de la Central de Mantenimiento, asumiendo que el caldero tenga

$M_{\text{caldera}} =$  80% de eficiencia, usando residuos de petróleo como combustible con poder calorífico de  $18500 \frac{\text{B.T.U.}}{\text{lb.}}$ , la cantidad de petróleo por hora requerida será:

$$M_{\text{caldera}} = \frac{w_s (h_1 - h_9)}{f \times \text{p.c}}$$

$M_{\text{caldera}} =$  eficiencia de la Caldera (80%)

$w_s =$  Flujo total del vapor (13895.46 lbs vapor/Hr)

$h_1 =$  Entalpía de salida ( $1499.2 \frac{\text{B.T.U.}}{\text{lb.}}$ )

$h_9 =$  Entalpía de entrada ( $1499.2 \frac{\text{B.T.U.}}{\text{lb.}}$ )

$f =$  libras de petróleo por hora consumidos.

$\text{p.c.} =$  Poder calorífico del combustible (residuos de petróleo =

$$f = \frac{w_s (h_1 - h_9)}{M_{\text{caldera}} \times \text{p.c.}} = \frac{13895.46 (1499.2 - 294.96)}{0.80 \times 18500 \frac{\text{BTU}}{\text{lb.}}}$$

$$f = \frac{13895.46 (1499.2 - 294.96)}{0.80 \times 18500} =$$

$$f = 1130.78 \approx 1131 \frac{\text{lbs-petróleo}}{\text{Hr.}}$$

$\gamma_{\text{petróleo}} \approx 7.8 \frac{\text{lbs}}{\text{galón}}$  (gravedad específica) residuos de petróleo

$$f = \frac{1131}{7.8} = 145 \frac{\text{GAL}}{\text{Hr}}$$

El precio de residuos de petróleo  $\approx \$1.80$  el Galón en Guayaquil luego:

$$\text{Costo petróleo: } 145 \times 1.80 = \$261/\text{Hr}$$

$$= \$261/\text{Hr}$$

A continuación se analizará los límites entre los cuales pueden quedar comprendidos los consumos de combustible de las unidades propulsoras. Como es sabido para el arrastre de un tren en recta y horizontal debe vencerse las inevitables fricciones llamadas en éste caso resistencias al rodado; éstas son variables con la velocidad y otros factores, pero en promedio pueden estimarse en 4 Kgs (8.84 lbs) por toneladas.

De aquí que por tonelada-Kilómetro-bruta (t.k.br.) de tren más locomotoras debe efectuarse un trabajo mecánico que vale 4000 Kg-mts (28932 lbs-ft)\*. Para obtener la cifra equivalente por t.k.br. de tren arrastrado, podemos considerar que, en promedio, la unidad propulsora representa un 15% del peso del tren. De éste modo se tiene que el trabajo mecánico por realizar para arrastrar una tonelada de tren a 1 Km; valdrá:

$$400 \times 1.15 = 4600 \text{ Kg-m (33271.8 lbs - Ft).}$$

Si: 1 watio-hora = 367 Kg-mts.

El consumo mínimo teórico, por t.k.br. de tren es de:

$$\frac{4600}{367} = 12.6 \frac{\text{watio-hora}}{\text{t.k.br.}}$$

Este consumo se refiere a un tren en recta horizontal; el consumo real de un conjunto de trenes debe ser aún mayor pues no se han considerado en el cálculo las siguientes partidas:

---

\* Tomado del Estudio de las Consideraciones Económicas para la selección de sistemas de tracción ( Ing. José H. Muñoz Vadillo-Universidad de Chile).

- Consumo debido a las aceleraciones de los trenes ( $\frac{MV^2}{2}$ )
- Mayor consumo debido a las gradientes; una gradiente de 1.2% represente un consumo adicional del triple del considerado a nivel.
- Consumo por el paso de las curvas.
- Consumo por maniobras en las estaciones.

Cabe notar que todos éstos factores se estima que representa un recargo sobre el valor básico mínimo, que va desde un 50%, hasta un 150%, según las circunstancias locales; en promedio tomaremos un 100% de recargo, con lo cual el consumo unitario para el conjunto sería de:

$$2 \times 12.6 = 25.2 \frac{\text{watio-hora}}{\text{t.k.br.}}$$

El consumo efectivo mínimo de un motor Diésel de unidad propulsora es del orden de 0.18 Kgs de petróleo por caballo-hora.  
\* Es necesario tener en cuenta las pérdidas de la transformación de trabajo y equipos auxiliares que representan un %; de éste modo:

$$\frac{0.18 \times 100}{(100-17) \times 0.736} = 0.295 \frac{\text{Kgs. de Petróleo}}{\text{Kw-hora}}$$

El consumo unitario de petróleo diésel, sería entonces:

$$\frac{25.2 \times 0.295}{1000} = 0.0073 \frac{\text{Kgs-petróleo}}{\text{t.k.br.}}$$
$$\approx 0.0161 \frac{\text{lbs-petróleo}}{\text{t.k.br.}}$$

Suponiendo una capacidad de arrastre de 200 Toneladas, con una velocidad promedio de 80 Km/Hr; el consumo de petróleo unitario de una unidad propulsora será:

$$0.0161 \frac{\text{lbs. petr6leo}}{\text{t.k.br.}} \times 200 \text{ toneladas brutas} \times 80 \text{ Km/Hr} =$$

$$= 257.6 \frac{\text{lbs. petr6leo}}{\text{Hr.}}$$

$$\gamma \begin{array}{l} \text{petr6leo} \\ \text{Di6sel} \end{array} \approx 7.8 \frac{\text{lbs}}{\text{gal6n}}$$

$$\text{Consumo} = \frac{257.6}{7.8} \quad 33 \frac{\text{Galones}}{\text{Hr.}}$$

Para servicio de 20 unidades propulsoras:

$$33 \frac{\text{Gal.}}{\text{Hr.}} \times 20 = 660 \frac{\text{Gal}}{\text{Hr.}}$$

El precio del petr6leo di6sel s/2.20 el gal6n en Guayaquil,  
luego:

$$660 \times 2.2 = \text{s/} 1452/\text{Hr.}$$

El estudio completo de costos se ver6 m6s adelante.

4.3. S E R V I C I O D E A G U A.-

Como se indicó en inciso 1.3. el agua para servicio de la Central de Mantenimiento tendrá en la Junta Cantonal de Agua Potable a la entidad responsable de ello, se transportará desde la planta de tratamiento en la localidad Lolita ubicada a 8.15 Kmts. de la población Eloy Alfaro (Durán) y el líquido fluye por cañerías de 11" de Diámetro con presión de 40 a 50 psia, velocidad de 3 pies/sgdo. siendo la renumeración por éste servicio de s/.0.80 (sucres) por toneladas de agua consumida.

Aproximadamente el consumo de agua para la Central de Mantenimiento será:

4.3.1. Consumo de agua en la planta de vapor:

El peso de agua para un caldero Scoth varía entre:

$$20 \text{ a } 25 \frac{\text{lbs}}{\text{pie}^2 \text{ de superficie de calentamiento}}$$

La razón equivalente de evaporización para éstos mismos calderos varía entre:

$$4 \text{ y } 5.5 \frac{\text{Lbs. vapor}}{\text{Hr} \times \text{FT}^2}$$

Conociendo que:

$$\text{Razón equivalente de evaporización} = \frac{\text{Razón evaporización actual } (h_1 - h_9)}{(h_g - h_7) \text{ a } 212^\circ\text{F}} =$$

$$\text{Razón evaporización actual} = \frac{\text{Razón equivalente de evaporización } (h_g - h_7) \text{ a } 212^\circ\text{F}}{(h_1 - h_9)}$$

$$\text{Razón equivalente de evaporización} = 5.5 \frac{\text{lbs.vapor}}{\text{Hr x FT}^2}$$

$$h_g - h_f = 970 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}} \text{ valor constante a } 212^\circ\text{F}$$

$$h_1 = \text{entalpía de entrada (294.96 } \frac{\text{BTU}}{\text{lb}})$$

$$\begin{aligned} \text{Razón evaporización actual} &= \frac{5.5 \times 970}{(1499.2 - 294.96)} = 4.45 \frac{\text{lbs.vapor}}{\text{Hr x FT}^2} \\ &= 4.45 \frac{\text{lbs.vapor}}{\text{Hr x FT}^2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Superficie de calentamiento} &= \frac{w_s (\text{lbs.vapor})}{\text{Hr}} \\ &= \frac{\text{Razón evaporización} (\frac{\text{lbs.vapor}}{\text{Hr x FT}^2})}{\text{actual}} \\ &= \frac{13895.46}{4.45} = 3122.58 \text{ pies}^2 \\ &= 3122.58 \text{ pies}^2 \end{aligned}$$

El peso de agua será:

$$3122.58 \text{ pies}^2 \times 25 \frac{\text{lbs}}{\text{pies}^2} = 78064.50 \text{ lbs. H}_2\text{O}$$

$$78065 \text{ lbs H}_2\text{O} \times \frac{\text{pies}^3}{62.4 \text{ lbs.H}_2\text{O}} = 1251.03 \text{ pies}^3 \text{ de agua}$$

Son: 9358.96 Galones.

$$\begin{aligned} \text{También: } 9358.96 \text{ Galones} \times \frac{\text{metro}^3}{264.2 \text{ Galones}} &= 35.42 \text{ mts}^3 \\ &\approx 36 \text{ mts}^3 \end{aligned}$$

Existiendo pérdidas y regeneración total del mismo cada 2 días:

$$\frac{36}{2} = 18 \frac{\text{mts}^3}{\text{día}}$$

3.2. El servicio de agua para Talleres Ferroviarios, retretes y lavados, incluyendo pérdidas se estiman en  $200 \frac{\text{mts}^3}{\text{día}}$

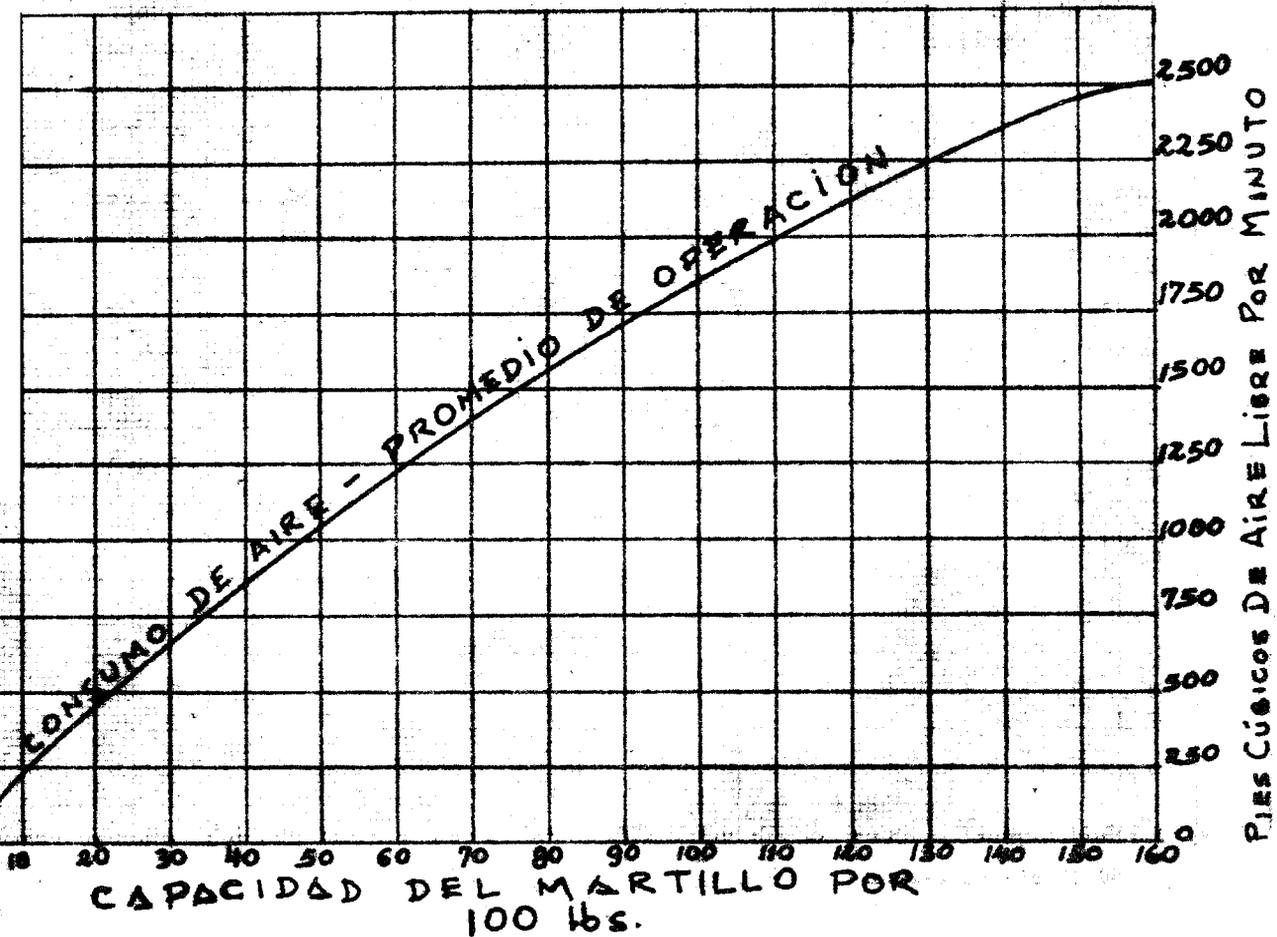
$$200 + 18 = 218 \frac{\text{mts}^3}{\text{día}}$$

El costo será:  $218 \times s/.0.80 = s/.174.40/\text{día}$

El estudio completo de costos se verá más adelante.

4. SERVICIO DE AIRE.-

Se ha señalado en el taller de herrería 2 martillos de aire, el uno con capacidad de golpe de 2 toneladas y el otro de 1.5 toneladas.



\* Según gráfico adjunto el primer martillo de aire capacidad 4000 lbs-necesita aproximadamente 860 pies<sup>3</sup> de aire libre por minuto y el segundo-capacidad 3000 lbs-necesita aproximadamente 650 pies<sup>3</sup> de aire libre por minuto; se necesitará por lo tanto:

\* Tomado KENT'S Mechanical Engineer's Handbook-Design and Production-pag. 20-04 fig. 2

4.4.1. Primer martillo: 3% pérdidas friccionales y más fugas de mecanismos:

$$860 \times 0.03 = 25.80 \text{ c.f.m.}$$

$$\text{Total: } 860 + 25.80 = 885.80 \text{ c.f.m.}$$

4.4.2. Segundo martillo: 5% pérdidas friccionales y más fugas de mecanismos:

$$650 \times 0.05 = 32.50$$

$$\text{Total: } 650 + 32.50 = 682.50 \text{ c.f.m.}$$

En éste mismo taller se ha provisto de dos hornos para tratamiento térmico de materiales, son de tiro forzado, que tienen 43 pies<sup>2</sup> de solera y 4 pies de altura, alcanzan temperatura de 1100°F necesitando hasta 8170 c.f.m. para alcanzar ésta temperatura de combustión.

4.4.3. Primer horno: 2% pérdidas friccionales y más fugas de mecanismos:

$$8170 \times 0.20 = 163.40 \text{ c.f.m.}$$

$$\text{Total: } 8170 + 163.40 = 8333.4 \text{ c.f.m.}$$

4.4.4. Segundo horno: 6% pérdidas friccionales y más fugas de mecanismos:

$$8170 \times 0.06 = 490.20 \text{ c.f.m.}$$

$$\text{Total: } 8170 + 490.20 = 8660.20 \text{ c.f.m.}$$

En el taller de fundición se ha señalado igualmente un horno para secado de moldes y almas de los moldes, éste es de tiro forzado que tiene 640 pies<sup>2</sup> de solera y 7 pies de altura, alcanzan temperatura de 212°F necesitando hasta 2655 c.f.m. para alcanzar ésta temperatura de combustión:

4.4.5. Pérdidas friccionales de 5% más fugas de mecanismo:

$$2655 \times 0.05 = 132.75 \text{ c.f.m.}$$

$$\text{Total: } 2655 + 132.75 = 2787.75 \text{ c.f.m.}$$

Además en éste mismo taller de fundición se consideran 3 crisoles para fundiciones pequeñas, sean éstas de bronce, aluminio, magnolia; necesitándose aproximadamente  $420 \text{ m}^3$  de aire para fundir 1 tonelada de bronce,  $200 \text{ m}^3$  de aire para fundir 1 tonelada de aluminio y  $310 \text{ m}^3$  de aire para fundir 1 tonelada de magnolia; para el cálculo asumo la mayor capacidad de los crisoles, tomando para ello la fundición de bronce; los diámetros del revestimiento interior de los crisoles son los mismos-0.50 mts- y para el bronce la velocidad de fusión en función de éste diametro en toneladas por hora es de 0.67; la capacidad de aire ha necesitarse será:

4.4.6. Pérdidas friccionales, fugas, presión atmosférica-asumo el 25%-

$$281.40 \times 0.25 = 70.35 \frac{\text{m}^3}{\text{Hr}}$$

4.4.7. Capacidad total de aire será:

$$281.40 + 70.35 = 351.75 \frac{\text{m}^3}{\text{Hr.}}$$

$$\approx 207 \text{ c.f.m.}$$

El servicio total de aire para la Central de Mantenimiento será:

4.4.8. Capacidad de aire para los martillos:

$$885.80 + 682.50 = 1568.30 \text{ c.f.m.}$$

4.4.9. Capacidad de aire para los hornos:

$$8333.40 + 8660.20 + 2787.75 = 19781.35 \text{ c.f.m.}$$

4.4.10. Capacidad de aire para los crisoles:

$$3 \times 207 = 621 \text{ c.f.m.}$$

4.4.11. Capacidad de aire total:

$$1568.30 + 19781.35 + 621.00 = 21970.65 \text{ c.f.m.}$$

4.4.12. La potencia para cubrir ésta capacidad de aire será:

$$P = \frac{h_t \times q}{6355}$$

$$P = \frac{11.93 \times 21970.65}{6355} \simeq 41.20 \text{ H.P.}$$

$$P \simeq 42 \text{ H.P.} \simeq 31.43 \text{ KW}$$

Potencia que sumada a la energía total requerida por la Central de Mantenimiento  $\simeq 1200 \text{ KW}$  es de  $\simeq 1232 \text{ KW}$  valor que está dentro del cálculo de la planta de poder que es  $\simeq 1430 \text{ KW}$ .

Los cálculos de costos se verán más adelante.

#### 4.5. M A N T E N I M I E N T O.-

El objeto principal del mantenimiento de maquinarias y equipos es la de conservar éstos en condiciones tales que las fallas imprevistas sean mínimas, a cambio de economía, seguridad y eficiencia máximas.

##### 4.5.1. Tipos de mantenimiento.

##### 4.5.1.1. Mantenimiento Preventivo:

Planes e instalaciones adecuadas

Inspecciones continuas.

Plan que incluye la planta.

- Objetivos de la planta objetivos del mantenimiento.
- Conocimiento del equipo y producción a la que está destinado.
- Capacidad y habilidad del personal de mantenimiento.
- Establecimiento de programas de adiestramiento.
- Estudio de planes de mantenimiento.
- Establecimiento de controles para ver si los planes se cumplen.
- Estudios periódicos de tiempo a fin de determinar si hay errores o beneficios del establecimiento de los planes.
- Establecimiento de programas de reposición periódica de maquinaria y equipo.
- Registros de inspección, reposición y resultados que permitan elaborar estadísticas.

Este mantenimiento para ser eficaz y oportuno debe comprender:

- Una documentación técnica (diseños de máquinas con mención de los elementos constitutivos a vigilar).
- Un memorándum de vigilancias periódica, con el material en funcionamiento (cosa que entraña peligro), o parado, o que debe ser montado (controlar la duración total de la inmovilización de la máquina).
- Los informes cuotidianos de los superiores.
- Para el taller de reparaciones: la orden de trabajo, seguida de la preparación del material necesario y en último lugar, la conformidad de ejecución.

#### 4.5.1.2. Mantenimiento periódico.

Servicio a todo el equipo una vez cumplido un período de tiempo, horas trabajadas, N<sup>o</sup> piezas producidas.

Hay excesivo desarme.  
Armado defectuoso.  
Se trata sólo al elemento vital.  
No se estima la vida de los otros elementos.

#### 5.2. Supervisión y control de mantenimiento:

##### 4.5.2.1. El supervisor de mantenimiento debe:

- Obtener colaboración de los trabajadores.
- Conservar el orden y la disciplina.
- Deberá evitar desperdicio de tiempo, energía y materiales.

- Controlar la calidad de los trabajos y máxima seguridad.
- Ganar la confianza y el respeto de su personal.
- Encabezar su grupo en trabajos difíciles.

4.5.2.2. Con los controles sobre el mantenimiento se obtiene:

- Asegurar mejor ejecución de los procedimientos de mantenimiento.
- Descubrir las causas de una ejecución pobre.
- Reducir el papeleo y la supervisión.
- Hacer que las operaciones sean verdaderamente efectivas.
- Señalar las áreas donde deben realizarse los cambios.
- Dar repuestas significativas a las preguntas de la superioridad, algunas de las cuales son difíciles de contestar.

4.5.2.3. Control de costos de mantenimiento:

- Costo directo: del 60 al 75% referente al equipo de producción o sostenes estructurales del equipo.
- Costo indirecto: del 15 al 35% referente a trabajos experimentales, reemplazo de partes no gastadas totalmente.
- Costo general: del 5 al 10% referente a edificios, tanques de almacenamiento, etc...

4.5.2.4. Establecimiento del control del mantenimiento:

El control se establece a través de formularios de traba-

jo, que constituyen órdenes de trabajo, pudiendo ser éstas órdenes permanentes que amparan tareas repetitivas como son: mantenimiento de puertas, ventanas, persianas, muebles de oficinas en general; alumbrado en general; lubricación de departamentos, planta de fuerza, limpieza del equipo, mantenimiento de fregaderos y lavados, mantenimiento de bebederos, éstas órdenes tienen un solo número, se abren al principio del mes y se cierran al fin del mismo mes, para trabajos menores se utiliza las órdenes de ronda; el control de todas éstas órdenes se lo lleva en un libro de órdenes de trabajo de mantenimiento.

#### 4.5.3. Evaluación de la eficiencia de mantenimiento:

Considerando que el encargado del mantenimiento es responsable del costo del mismo que incluye:

- El costo de mantenimiento preventivo, el costo de las reparaciones del equipo que falla, el costo de las modificaciones y adiciones, así como el costo de los materiales usados.
- El costo de los tiempos muertos o sea del tiempo perdido en producción a causa de un mal mantenimiento, incluye también el tiempo perdido a causa de modificaciones o adiciones por razones de mantenimiento.
- El desperdicio ocurrido en producción e imputable a mantenimiento.

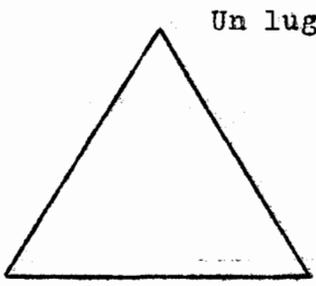
En la Kodak Limited han desarrollado una fórmula que es un

No consumibles

zas dañadas y mantenimiento debido.  
 Más costosas y son: manómetros, instrumentos de medición, herramientas mecánicas de mano sujetas a inventario.

HERRAMIENTAS NO TRANSITORIAS, constituyen materiales de inventario y su vida prácticamente es indefinida.

4.5.4.2. Puntos básicos en el control de herramientas.



Un lugar ( ALMACEN )

Una persona  
 ARGADO DEL ALMACEN )

Un plan (ENTREGA Y RECEPCION;  
 CUIDADO Y MANTENIMIENTO)  
 RECORDS DE INVENTARIOS Y CONTA-  
 BILIDAD.

Ubicación

- En c/dpt. facilita la operación; dificulta el control y el mantenimiento.
- Con c/obrero, operación muy peligrosa.
- Central, evita pérdidas.

Condiciones  
 de almacenamiento.

- Local extremadamente limpio.
- Estantes con rodantes.
- Herramientas con vástagos en alojamientos apropiados.
- Herramientas pequeñas, en bandejas

EN

MACEN

Condiciones de almacenamiento.

apropiadas.

- Herramientas con filos cortantes en vainas de cuero o de plástico.
  - Fresas y ruedas de esmeril en clavijas horizontales o transversales.
- Instrumentos de medición en las cajas originales.

Desventajas

Hombre del grupo de trabajadores

Realiza dos trabajos, uno de ellos no le interesa.

No entiende la propia operación de mantenimiento ni almacenamiento.

Sólo le interesa el inventario físico.

La herramienta propia para el trabajo falta o está desafilada o afilada indebidamente.

RESULTADOS: Merma del inventario y pérdida de tiempo productivo.

Ventaja

Sencillez del sistema

PERSONA

Mecánico que conoce a fondo todos los tipos y clases de herra

Aconseja el uso de la herramienta.

Aconseja su adquisición.

Mejor cuidado desde el punto de vista de mantenimiento rutinario y de reparaciones.

mientas, su uso y aplicación, y las técnicas aprobadas para su mantenimiento.

EL  
PLAN

1. Equipo para el mantenimiento en el almacén

Rutinario

Pequeñas reparaciones

2. Mantenimiento y conservación de las herramientas que sufren desgaste.

Registro

Sistema de placas.

Proyectos específicos de

procesos

Formularios

1 o más copias para el control y análisis. Nos permite:

Identificación del obrero

Identificación de la herramienta

Fecha del préstamo

Nº de unidades de la misma herramienta

Firma del obrero a quien se presta.

3. Herramientas rotas o averiadas se las debe registrar en un formula-

Identificación del trabajador

El departamento que hace la devolución

Nº de la herramienta y descripción de la misma

Explicación del daño y motivo del mismo

rio q' permita

Destino dado: chatarra, recuperación, reparación.

4. Contabilidad de las herramientas que sufren desgaste, lo que nos permite llevar un análisis que arrojará:

Visión en conjunto del empleo de c/herramienta.

Si el empleo de la herramienta tiende a aumentar o disminuir

Para ajuste de inventario, costos de reparación, pérdidas y valor de

chatarra acumulada en forma de he-rramientas dañadas.

5. Inventario

El registro debe incluir una tarjeta para cada hombre y para cada tipo de herramienta.

La descripción de la herramienta le sirve de título a la tarjeta, que además debe indicar la ubicación de la herramienta, nombre de los proveedores, costo, proporción de uso.

Se establece el registro por medio de una cuenta física del inventario, se aumenta con adquisiciones, se disminuye con perdidas, rotura, paso a chatarra.

El control de inventario de herramienta se lo lleva en el almacén de herramientas y nos permite ubicarla inmediatamente.

EL

.LAN

4.5.5. La corrosión en los talleres mecánicos, causas y prevención:

La corrosión de las piezas de máquinas puede prevenirse, ya sea que las piezas se guarden para posteriores trabajos mecánicos, se pasen de una máquina a otra, se estén preparando para su embarque, desempacadas, en cajas o fuera de ellas:

- Aire salitroso o húmedo
- Gases industriales o gases de taller
- Aire contaminado de las bodegas
- Tensión indebida contra las piezas (rayadura de corrosión) produce rotura debido a una fatiga por corrosión muy común en piezas de acero
- Corrosión galvánica (metales de distinta naturaleza) que se unen estrechamente, se produce un proceso químico que se difunde de los puntos de contacto a otras secciones de la pieza, como resultado el metal menos noble queda destruido gradualmente. Esta corrosión galvánica es más intensa que la lluvia, el agua de mar, ácido y numerosos líquidos.
- Corrosión por vibración que ocurre en las áreas de contacto de las superficies de carga sometidas a constante vibración, ésto ocurre en portabolas de cojinetes de balancín, si

CAUSAS DE LA  
CORROSION

están bajo cargas estáticas sujetas a vibraciones intermitentes.

#### 4.5.5.2. Prevención:

Se lo obtiene con limpieza cuidadosa usando métodos conocidos y plenamente aprobados en atención a la contaminación de las superficies. Esta puede producirse por simple transpiración del manejo; residuos de soldaduras o abrasivos, partículas metálicas del trabajo de las máquinas, aceites lubricantes o compuestos para pulir, residuos de tintas para marcar y grabar o simplemente contaminación general de las plantas. Para todo se utiliza según los casos:

- Limpiadores alcalinos para aceites lubricantes ordinarios, polvo y suciedad (sosa caústica, ceniza de sosa, carbonato de sodio, fosfato trisódico).
- Limpiadores disolventes para aceites y grasas, ceras y cebos, generalmente emplean naftas especiales que se han mezclado con varios agentes emulsificantes. La solución puede agregarse al agua si se va a utilizar una máquina de aspersion.
- Limpiadores a base de nafta cuando hay mecanismos expuestos a la corrosión.
- Empleo de fosfatos en algunos casos, cuando se requiere máxima limpieza, es recomendable una operación con fosfatos. Esto se hace por el método de rociado o inmersión.

Si el trabajo no es muy grande y sólo unas cuantas partes van

a limpiarse, el proceso consiste en sólo dos o tres pasadas del rociador o limpieza por inmersión, seguida de un baño fosfatado y un enjuague de ácido crómico final. Si las piezas están escamosas, se requiere tratarlas con pistolas de perdigones, rotación o desoxidación.

- Disparo de perdigones, es la arena de medida uniforme y no se aconseja demasiado, su uso debe ser severamente estudiado.

- Protección con plásticos como cubiertas protectoras en las piezas terminadas herramientas y artículos para embarques de grandes recorridos, así como para almacenar. Algunos de éstos compuestos plásticos se conocen como polímeros de endurecimiento al calor y se expenden en forma soluble para untar o fijar al calor las piezas.

#### 5.6. Lubricación:

La lubricación es una parte tan útil de la máquina como cualquiera de sus órganos activos y es la reducción de la fricción a un grado mínimo, sustituyendo la fricción sólida por la fricción fluida.

Si se introduce a presión una película de aceite entre las dos mismas superficies, las hendiduras y salientes se llenarán de partículas de aceite, y si éstas son numerosas, como para formar una película, las dos superficies se deslizan entre ellas que se produzca entrelazamiento. Cuando dichas superficies planas, curvas o esféricas se mantienen separa

das por una película fluida se denomina fricción fluida y estas superficies están lubricadas.

A continuación señalo una guía básica para los principales usos de los lubricantes, tomando en cuenta principalmente la viscosidad y los grados S.A.E:

5.6.1. Guía básica de lubricantes.

VISCOSIDAD		Grados SAE Aprox.	USOS DE LUBRICANTES
1	seg. 45		
2	50		
3	60		
4	70		
5	80		
6	90		
7	100		
8	125		
9	150		
10	175		
11	200	10	A
12	250		B
13	300		C
14	350	20	D
15	400		F
16	450	30	G
17	500		I
18	600		J
19	700		K
20	800		L
21	900	40	M
22	1000		N
23	1200	90	
24	1400		O
25	1600	50	
26	1800		P
27	2000		
28	2200		
29	2400	60	
30	2600		
31	2800		
32	3000		
33	3200	70	R
34	3400		
35	3600		
36	3800	140	
37	4000		
38	SUV 210°F		
39	175		
40	200		
41	225		
42	250		
43	275	250	Q
44	300		
45	325		
46	350		

4.5.6.2. Usos de Lubricantes

Tipo	Maquinarias Principales
A	Arboles: alta velocidad
B	Arboles: velocidad media
C	Arboles: baja velocidad
D	Motores eléctricos y generadores entre 0°F-120°F Transmisiones por correa anticuada de alta velocidad entre 0°F-120°F
E	Bombas tipo engranaje y pistón hasta 120°F
F	Instrumentos generadores turbinas directamente conectadas ( <u>sistema circulante</u> ). Sistema circulantes de máquinas herramientas. Bomba hidrante tipo paleta con válvula para control de flujo. Bomba hidrante tipo engranaje y pistón entre 0°F-70°F
G	Transmisión por correa articulada alta velocidad entre 120-180°F
H	Acoplamiento flexible silencioso de cadena de rodillos tipo mordazas entre 0°F-70°F
I	Sistema circulante motor de vapor. Cadenas, rodillos silenciosos y lubricación general de turva automáticas.
J	Lubricación externa de motores y bombas de vapor. Máquinas, herramientas, sistema autolubricado , general de guías, correderas, rodaduras, etc.

Arboles cojinetes lubricados por aceite.

Transmisiones por correa articulada-velocidad media entre 0°F-180°F

K Bombas hidrantes tipo paleta sin válvula de control de flujo entre 0°F-180°F

L Turbinas de vapor, cojinetes engrasados por anillo sin sistema de enfriamiento o circulantes.

Transmisiones por correa articulada de baja velocidad entre 0°F-180°F

M Turbina de vapor, cojinetes engrasados por anillos con sistema circulante.

Turbina de vapor, cojinetes engrasados por anillos sistema enfriamiento.

Bomba hidráulica tipo engranajes y pistón entre 70°F-120°F

Motores eléctricos y generadores.

N Acoplamiento flexible de los tipos de cadena de rodillos, silenciosa y mordaza entre 70°F-120°F

O Acoplamiento flexible de los tipos de cadena de rodillos silenciosa y mordaza entre 120°F-180°F

P Acoplamiento flexible tipo engrane , chaveta acoplada y paso de engrane entre 0°F-70°F.

Q Condiciones de sumo calor

R Acoplamiento flexible del tipo de engrane, chaveta de acoplamiento y pasador de enganche entre 70°F-180°F.

V.- SEGURIDAD DE EMPRESA —

1. ENSEÑANZA DE LA SEGURIDAD INDUSTRIAL.-

La Junta Directiva del National Safety Council emitió la siguiente declaración formal de su política:

" La eliminación de los accidentes es vital al interés del público. Los accidentes producen pérdidas económicas y sociales, deficiente productividad de grupo e individual, causa ineficiencia y retrasa el avance de los niveles de vida".

En lo práctico, hay el hecho simple y obvio de que los accidentes invalidan a la industria y a la sociedad.

En el lado moral hay dos premisas que están relacionadas; la primera, que la destrucción innecesaria de la vida humana es, en sí misma un mal, la segunda, que la falta de adopción de medidas y precauciones contra los accidentes predictibles involucran una seria culpabilidad.

Se puede sintetizar que las razones para un esfuerzo continuado a fin de evitar los accidentes son:

1. La destrucción innecesaria de la vida y la salud es un mal moral.
2. La falta en tomar las necesarias precauciones contra los accidentes predictibles, incluye una responsabilidad moral por esos accidentes.
3. Los accidentes son destructivos para la eficiencia y la productividad.
4. Los accidentes producen un daño social de largo alcance.

5. El movimiento de seguridad ha demostrado ya que sus técnicas son efectivas en la reducción de los índices de accidentes y en la promoción de eficiencia.
6. Nada de la información disponible sugiere que el personal de seguridad se halle en ningún aspecto en el límite de su habilidad, para extender los valores morales y prácticos de la prevención de accidentes.
7. El personal de seguridad tiene en sus manos un tremendo acervo de conocimientos, una eficaz organización de seguridad de gran alcance, un destacado prestigio, grandes recursos económicos y una sólida base de confianza en sus métodos.

En una palabra, los integrantes del movimiento de seguridad se hallan en un período de la historia de la seguridad, en el cual se les da y en el cual justamente mucho se les demanda.

#### 5.1.1. Origen y causa de los accidentes:

Hay mucha confusión en el uso de la palabra "causa", aplicada a los accidentes. Para el "Prevencionista", la causa de un accidente consiste en los defectos, en los actos, o en la falta de acción, que deben corregirse, para evitar que el accidente se repita.

Términos tales como, empleo de materiales, caídas, que maduras, etc, usados generalmente para designar causas de accidentes, en realidad no son causas son fuentes de accidentes y lesiones. El manejo de materiales es una

actividad de la que resultan muchas lesiones pero la causa de cada una de esas lesiones es una situación peligrosa o riesgosa, o algo que una persona hace, o deja de hacer, en relación con la actividad de que se trate, o en casi todos los casos, una combinación de esos factores. Las caídas producen lesiones, pero lo que al prevencionista le interesa saber es que situación, que acto o que omisión han provocado la caída. Las quemaduras son lesiones, pero no causas.

Para contribuir a la comprensión clara de la palabra accidente, en el sentido que aquí se le da, la definición de ese término es, "cualquier acontecimiento inesperado o imprevisto que interrumpe o interfiere el proceso ordenado de la actividad de que se trate". De acuerdo con ésta definición, el accidente no implica, necesariamente alguna lesión. De hecho la mayoría de los accidentes no producen lesiones, por lo que de ellos no se lleva constancia, excepto en las hojas de costo, pues es evidente que todas las interrupciones e interferencias aumentan los costos, ya sea que se pueda medir o **no**, la cantidad de aumento de esos costos. También se manifestó que, si podemos lograr que cualquier trabajo bien planeado o cualquiera otra actividad, se desarrolle exactamente como se ha conocido, eliminaremos todos los accidentes y por lo tanto, todas las lesiones. Para el trabajo seguro, las estadísticas disponibles distan mucho de ser satisfactorias, ya que en lo pasado, los infor

mes escritos se preparaban especialmente desde el punto de vista de la indemnización. Sin embargo las autoridades empiezan a comprender el gran valor que tienen los informes preparados desde el punto de vista del prevencionista, ya que el resultado que debe esperarse es el de las estadísticas más útiles. A éste nuevo concepto de las estadísticas ha dado gran fuerza el uso creciente de la "Práctica norteamericana que se recomienda en la recopilación de causas de Accidentes", preparado por la Asociación Americana de Normas.

#### 5.1.1.1. Factores de los accidentes:

El análisis y clasificación de las causas de los accidentes de acuerdo con la práctica americana recomendada, da al ingeniero de seguridad datos que puede aprovechar para localizar y corregir las causas de los accidentes. Cada punto esencial de información acerca del accidente, se clasifica como factor de accidente. Estos se agrupan dentro de seis clasificaciones generales:

- a) El agente (es decir, el objeto substancial defectuoso, que se encuentra más estrechamente relacionado con la lesión).
- b) La parte del agente
- c) La condición mecánica o material de inseguridad.
- d) La clase de accidente.
- e) El acto inseguro.
- f) El factor personal de inseguridad.

El "Agente".- Es el objeto o substancia más estrechamente relacionado con la lesión, y que en general, podía haber sido protegido o corregido en forma satisfactoria; los agentes, con algunos ejemplos, se mencionan a continuación:

- Máquinas (tornos, punzadora, sierra, taladro, pulido ra).
- Generadores de movimiento y bomba (motor, bomba, compresor, ventilador y soplador).
- Aparatos de izar (grúa, malacate, draga).
- Calderas y recipientes sujetos a presión (calderas, sobrecalentador, condensador, tubería de alta presión).
- Vehículos de motor.
- Animales (domésticos, insectos, serpientes, peces).
- Aparatos de transmisión de fuerza mecánica (bandas, cojinetes, poleas).
- Aparatos eléctricos (motor, generador, conductores, reóstato, lámparas).
- Herramientas manuales (hacha, cortador, cincel, barra, lima, mazo, navaja).
- Sustancia químicas (explosivos, vapores, emanaciones, sustancias corrosivas).
- Sustancias muy inflamables y calientes (laca petróleo, vapor).
- Polvos (explosivos orgánicos, inorgánicos).
- Superficies de trabajo, no trabajadas en otras partes

Piso, rampa, camino, estantes, escalera).

- Agentes diversos (escaleras de mano, aberturas en el piso, ventanas, tanque, caja).

La "Parte del Agente".- Es aquella que ocasionó directamente la lesión, y que en lo general, podía haber sido debidamente protegida o evitada. Por supuesto, es casi interminable la lista de partes del agente. En una máquina tan simple como el taladro, se considera como partes del agente, el mandril, la broca, el banco, el árbol, la polea, los engrajes, etc., depende del lugar en donde se produjo la lesión.

La condición mecánica o física insegura.- Es aquella que figura en el agente de que trate y que bien pudo haber sido protegida o evitada. Estas condiciones generalmente se agrupan como siguen:

- Agentes protegidos en forma deficientes (no protegidos o protegidos inadecuadamente).
- Agentes defectuosos (ásperos, resbaladizos, agudos, de materiales de baja calidad).
- Arreglos o procedimientos peligrosos en el agente específico, sobre él o a su alrededor (almacenamiento inseguro, congestionamiento, sobrecarga).
- Iluminación inadecuada (luz insuficiente, destellos).
- Ventilación inadecuada (renovación insuficiente del aire, aire impuro).
- Ropa o vestimenta insegura (falta de guantes, delantales, zapatos y respiradores o defectos en ellos,

ropa suelta).

- Condiciones mecánicas o materiales inseguros, no clasificados en otra parte.

El tipo de accidente.- Es la forma como se establece el contacto entre las personas lesionadas y el objeto y sustancia, o la exposición o el movimiento de persona lesionada, que da por resultado la lesión. Los tipos de accidentes se clasifican de la siguiente manera:

- Colisión (se refiere generalmente, a los contactos con objetos agudos o asperos que dan por resultado cortaduras, desgarramientos, piquetes, etc., por golpear ciertos objetos, arrodillarse en ellos o resbalar sobre ellos).
- Contusión (objetos que hacen, vuelan, se deslizan o se mueven).
- Prensado, dentro de, sobre o entre uno o varios objetos.
- Caída en un mismo nivel.
- Caída de un nivel a otro.
- Resbalar (no caer) o hacer esfuerzo excesivo (que trae como consecuencia dislocamiento, hernia, etc).
- Exponerse a temperaturas extremas (lo que da por resultado quemaduras, escaldaduras, congelamiento por el calor, insolación, etc).
- Inhalación, absorción, ingestión (asfixia, envenenamiento, etc., pero excluyendo el contacto con tempera

turas extremas).

- Contacto con la corriente eléctrica (que puede tener como resultado la electrocución, el choque, la quemadura, etc.,).

El acto inseguro.- Es la violación de un procedimiento comúnmente aceptado como seguro, lo que provoca determinado tipo de accidentes. Como ejemplo de actos inseguros tenemos:

- Realizar una operación sin estar autorizado para ello, no obtener la autorización necesaria o no advertir que se va a realizar esa operación.
- Realizar una operación o trabajar a velocidades inseguras, demasiada rapidez o lanzando los materiales con los cuales se está trabajando o manejando.
- Haciendo que no funcionen los dispositivos de seguridad (retirándolos, ajustándolos mal, descontándolos).
- Empleo de equipo inseguro, empleo de la mano en vez del equipo o empleo del equipo en forma peligrosa (cargar, colocar, mezclar en forma insegura).
- Adoptar una posición o una postura insegura (permanecer de pie o trabajar debajo de un peso en suspensión, levanta objetos pesados, con la espalda inclinada).
- Trabajar sobre equipo en movimiento o sobre equipo peligroso (limpiarlo, ajustarlo, aceitarlo).
- Distraer, molestar, sorprender, (reñir, jugar).
- No usar prendas seguras o dispositivos para la protección personal (gafas).

El factor personal inseguro.- Es la característica mental o física que permite o da ocasión a determinado acto riesgoso. He aquí algunos ejemplos de factores personales de inseguridad:

- Actitud impropia(hacer caso omiso de las instrucciones, no comprender las instrucciones, nerviosidad, excitabilidad).
- Falta de conocimiento o de habilidad (no estar enterado de las prácticas de seguridad, no tener experiencia, etc).
- Defectos físicos (defectos de la vista o del oído, fatiga, hernia, debilidad cardiaca).

#### 5.1.2. Investigación de los accidentes:

Es un procedimiento sencillo pero en él deben seguirse ciertos principios para obtener los mejores resultados:

- 1) Sentido común y pensamiento claro. El investigador debe estar en condiciones de recolectar los hechos, valorarlos y llegar a conclusiones justificadas por la evidencia.
- 2) Conocimiento del equipo y del proceso.
- 3) Conocimiento de condiciones o situaciones en las que puedan haber peligros o condiciones peligrosas.
- 4) Ni la investigación ni los investigadores deben hallarse bajo el dominio del supervisor o de cualquier otro vigilante, pues son pocas las personas que pueden asumir una actitud imparcial y objetiva en una situación que afecte a su propio trabajo. Esta actitud debe ser de cooperación con el supervisor para descubrir las causas y lograr que se corri-

jan.

- 5) Cada indicio debe investigarse a fondo. Con frecuencia se modificará una conclusión, al parecer razonable, al ahondar en un factor que a primera vista tenga poca importancia.
- 6) Ya que tanto el riesgo material como el acto inseguro en la gran mayoría de los accidentes, ambos deben investigarse a fondo. El inspector no debe omitir ningún esfuerzo para encontrar la forma de eliminar los riesgos materiales. También debe buscar medios apropiados para eliminar y corregir las prácticas inseguras.
- 7) Ninguna investigación debe considerarse como terminada satisfactoriamente si no se hacen recomendaciones concretas de medidas correctivas.
- 8) De la investigación debe encargarse más de una persona, siguiendo el principio de que "dos cabezas piensan mejor que una".
- 9) La prontitud es esencial. Las condiciones pueden variar rápidamente y los detalles pueden olvidarse pronto. Por último y ésto es muy importante, conviene estudiar el hecho de que la prontitud de las investigaciones indicará a los trabajadores la importancia que la gerencia concede a la seguridad de los obreros de la planta.
- 0) Todo accidente debe ser investigado hasta el grado que le corresponda, ya sea grave o no, puesto que, con frecuencia el azar es la única diferencia que existe entre un accidente ligero y otro grave o fatal.

### 5.1.2.2. Quiénes los ejecutan.

En general, importa poco quién investigue los accidentes, si los principios apropiados se siguen en todo lo aplicable a cada caso. La costumbre varía considerablemente, de ahí que se sugiere cualquiera de éstos medios para iniciar una investigación de accidentes:

- Ingeniero de seguridad
- Comité central de seguridad de la empresa
- Supervisores de seguridad o supervisores de la empresa.
- Comités de seguridad de los trabajadores.
- Comisiones especiales de seguridad permanentes, las cuales por lo general son integradas de la siguiente forma:

- Ingeniero de seguridad o de mante  
nimiento
- Presidente del comité central de  
seguridad
- Jefe de los talleres de mecánica
- Tomador de tiempo
- Tres trabajadores seleccionados  
por su experiencia y su competen  
cia.

### 5.1.2.3. Correlación entre la investigación y la inspección.

La investigación y la inspección de accidentes debe estar es  
trechamente relacionadas. Sin embargo, la conveniencia de que el mismo personal se encargue de ambas actividades varía se  
gún las condiciones de la empresa. La inspección debe ser u-

na actividad continua, concebida para que abarque la planta y el equipo con tanta frecuencia como sea necesario para asegurar el rápido descubrimiento de condiciones peligrosas, por lo tanto, éste trabajo usualmente se asigna, como trabajo a tiempo porcentual o completo, a personas seleccionadas cuidadosamente y capacitadas para ese fin. Quizás ésta labor se halle bajo la vigilancia del maestro mecánico, el ingeniero de seguridad, el presidente del comité central de seguridad, el superintendente de la empresa. Con frecuencia el inspector a tiempo completo figura como miembro de la comisión investigadora del accidente.

#### 5.1.2.4. Forma de conducir la investigación:

Cuando ocurre un accidente, la persona lesionada es la que ocupa toda la atención, pero después que se la ha atendido, debe iniciarse sin pérdida de tiempo la investigación. Por supuesto esta regla debe aplicarse sin perder de vista lo que más conviene a la producción. Los factores determinantes son las condiciones que prevalecen y las circunstancias del accidente. Sin embargo, como es muy importante el funcionamiento de una fábrica sin accidente, para que la producción sea adecuada, al final de cuentas resultará conveniente cualquier interrupción en el ritmo de la producción, que sea necesaria para investigar los accidentes ocurridos. Por lo tanto el procedimiento práctico es el siguiente:

##### 5.1.2.4.1. Investigación completa e inmediata de todos los casos que provocan pérdida de tiempo y de las lesiones le-

ves que entrañan un peligro grave.

5.1.2.4.2. Investigación cuidadosa de los casos de lesiones leves y de incidentes que hayan estado a punto de ocasionar un accidente. Esta investigación debe hacerla el ingeniero de seguridad o el comité de seguridad.

5.1.2.4.3. Análisis continuo de las operaciones y las labores para descubrir las prácticas y condiciones peligrosas y ponerles remedio (ésto es en realidad, parte del análisis de seguridad de las labores, pero su relación con la investigación de accidentes es tan estrecha que debe mencionarse aquí).

5.1.2.4.4. Investigación realizada por cada supervisor de todos los accidentes e incidentes que lleguen a su conocimiento. El supervisor no sólo debe hacer uso de las lecciones que haya aprendido, sino que debe transmitir esas enseñanzas, preferiblemente por medio de un informe escrito para uso general.

5.1.2.5. Medidas correctivas:

Ya que el único propósito de la investigación de accidentes es el de que sirva de guía para evitarlos, la acción que se tome debe ser rápida y completa.

De otra manera será casi inútil. Hay determinadas cosas que son indispensables, a saber:

5.1.2.5.1. Estudio inmediato de las recomendaciones presentadas y ejecución rápida de las que ya se hayan aceptado.

5.1.2.5.2. Explicación clara del por qué no se aceptó deter

minada recomendación.

.1.2.5.3. Amplia explicación de la demora en la ejecución de alguna medida correctiva.

.1.2.5.4. Inspección de toda la planta en busca de riesgos similares, siempre que se localice un riesgo antes no advertido.

Cada descubrimiento de procedimiento y prácticas peligrosas constituye una advertencia de que en otros sitios de la fábrica puede seguirse el mismo procedimiento inseguro.

## 2. ORGANIZACION DE COMITES DE SEGURIDAD.-

El comité de seguridad proporciona el importante factor de la participación de los trabajadores en el programa; ligar los conocimientos de los obreros con la experiencia de los supervisores constituyen un canal para la realización de las ideas y sugerencias de los trabajadores. Ayuda a mejorar las relaciones entre ejecutivos y trabajadores y sus actitudes respectivas en relación con el entendimiento de los problemas y de la seguridad.

Es un medio excelente para mantener las mejores relaciones públicas y con los trabajadores y elevar su moral a los más altos niveles.

Las experiencias de los miembros del comité "en el trabajo" es muy valiosa para determinar tanto condiciones como sistemas peligrosos, para sugerir medidas correctivas y para obtener la participación de todo el personal.

Por medio de sus observaciones, deliberaciones y discusiones, el comité proporciona los incentivos y las sugerencias necesarias para mantener las condiciones seguras y a los trabajadores prudentes. Un comité de seguridad está formado por un grupo de empleados nombrados por la dirección de la empresa para auxiliarla y aconsejarla en materia de seguridad de los trabajadores. Puede estar constituido por una persona de la más alta dirección y dos o tres supervisores; o un supervisor y varios obreros, o bien, por cualquiera otra combinación de supervisores

y trabajadores. Es de gran importancia que la alta dirección esté representada y que participe en la organización y desarrollo de las juntas del comité.

El presidente debe ser un supervisor, elegido por sus cualidades de organización, su interés en la seguridad y su habilidad para lograr resultados.

Dado que las funciones del comité son de sugerencias y recomendaciones, puede ser recomendable que la gerencia nombre a un técnico, supervisor o maestro mecánico, miembro del comité, con autoridad suficiente para corregir las condiciones peligrosas, sin necesidad de mayor trámite.

Por medio de su funcionamiento y de sus informes, el comité mantiene a la dirección informada de las condiciones de edificios, patios y equipos, así como de los adelantos y de las necesidades para lograr mayor seguridad.

Deberá verificar juntas mensuales en las que se discutirán las recomendaciones, los planes y programas, así los accidentes y los informes. Además, se realizará una inspección mensual de áreas determinadas con atención particular al asunto y objetivo especial elegido para ese mes.

## 2.1. Ejecutivos de la empresa.

5.2.1.1. Tiene plena responsabilidad por la seguridad.

5.2.1.2. Hace que los directivos sean responsables por seguridad.

5.2.1.3. Autoriza gastos necesarios para la seguridad.

5.2.1.4. Aprueba disposiciones de seguridad formadas por de -

departamento de seguridad y otros.

5.2.1.5. Participa en el programa de seguridad como lo sugiere el departamento de seguridad y otros directivos.

5.2.2. Supervisor de seguridad.

5.2.2.1. Sirve en calidad de asesor sin autoridad de línea.

5.2.2.2. Coordina las actividades de seguridad.

5.2.2.3. Prepara y analiza los informes de accidentes.

5.2.2.4. Dirige las actividades educativas para los supervisores en todos los niveles.

5.2.2.5. Dirige las actividades de estímulo y conservación del interés de los trabajadores.

5.2.2.6. Desarrolla los programas educativos.

5.2.2.7. Supervisa y valoriza las investigaciones de accidentes.

5.2.2.8. Proyecta y dirige un programa regular de investigación de seguridad.

5.2.2.9. Verifica que se cumpla con los registros y códigos de seguridad.

5.2.2.10. Expide con regularidad reportes que indican las labores de seguridad realizadas y la tendencia de los accidentes.

5.2.3. Comité de seguridad de trabajadores

5.2.3.1. Desarrollan actitudes de seguridad en los trabajos.

5.2.3.2. Desarrollan prácticas de trabajos seguros.

5.2.3.3. Investigan los accidentes graves.

5.2.3.4. Hacen inspecciones de la planta.

- 5.2.3.5. Presentan seguridad para eliminar los riesgos de accidentes.
- 5.2.3.6. Cooperan en los programas de educación de seguridad de trabajadores
- 5.2.3.7. Apoyan los programas de seguridad departamentales.
- 5.2.3.8. Ayudan en el cumplimiento de reglas de seguridad.
- 5.2.4. Departamento de mantenimiento
  - 5.2.4.1. Trabaja con el comité de seguros, con el supervisor de seguros y los supervisores
  - 5.2.4.2. Ejecuta rápidamente las órdenes de trabajo.
  - 5.2.4.3. Coopera en el diseño de equipos de seguridad, guardas y accesorios.
  - 5.2.4.4. Sigue un programa de mantenimiento regular de todo el equipo, desde el punto de vista de seguridad y lleva registros de mantenimiento.
  - 5.2.4.5. Ejecuta con regularidad inspecciones.
- 5.2.5. Supervisores
  - 5.2.5.1. Vigilan el cumplimiento de procedimientos de trabajos de seguridad de las reglas de seguridad
  - 5.2.5.2. Preparan a los trabajadores para laborar con seguridad
  - 5.2.5.3. Son responsables, seguros de sus cuadrillas
  - 5.2.5.4. Son responsables del lugar de trabajo que deben ser seguros, limpios, ventilados de ropa y equipo de protección
  - 5.2.5.5. Son responsables los auxilios urgentes
  - 5.2.5.6. Reportan e investigan accidentes y correctivas cau-

sas de los mismos.

#### 5.2.6. Trabajadores

- 5.2.6.1. Trabajan de acuerdo con las prácticas de seguridad aceptadas.
- 5.2.6.2. Reportan las prácticas y condiciones inseguras
- 5.2.6.3. Obedecen las reglas y disposiciones de seguridad.
- 5.2.6.4. Hacen sugerencias de seguridad.
- 5.2.6.5. No se hacen cargo de trabajos que no entienden.
- 5.2.6.6. Forman del comité de seguridad.
- 5.2.6.7. Efectúan juntas de seguridad con sus cuadrillas.
- 5.2.6.8. Discuten indicaciones sobre seguridad con los trabajadores

### 5.3. FUNCIONAMIENTO DE LA PREVENCIÓN DE ACCIDENTES.-

La prevención de los accidentes no es algo seguro o supuesto al trabajo regular sino que es la combinación de condiciones y equipos seguros, con procedimientos de trabajos seguros, coordinados en todas y cada una de las operaciones.

Los hechos pertenecientes, referente a todo accidente, deben registrarse como recordatorio y como planta para el análisis y la actuación; siendo necesario para su registro un informe con encabezados en las columnas como se sugiere aquí:

Nombre del lesionado	Fecha de lesión	Ocupación	Donde ocurrió	Como ocurrió	Naturaleza de la lesión	Procedimiento correctivo
----------------------	-----------------	-----------	---------------	--------------	-------------------------	--------------------------

Aquello de que "el éxito se comprueba únicamente por el resultado" se aplica bien a la seguridad en la planta. Cada siniestro en sí mismo, es una prueba de que algún riesgo o combinación de riesgos no han sido adecuadamente controlados. Por eso el número de siniestros, en cualquier planta u ocupación constituye la única medida definitiva de la seguridad de esa planta u operación. Un mal record de siniestros prueba falta de seguridad. La perfección en seguridad podría existir únicamente en trabajo enteramente libre de siniestros. Para utilizar los informes de siniestros como medida de performance de seguridad es necesario, sin embargo, conocer con que frecuencia los siniestros ocurren y la seriedad de los mismos.

La práctica establecida (norma americana) es incluir como base de medida sólo aquellas lesiones que inhabilitan al traba-

gador lesionado por más del día o turno durante el cual se lesionó. Cualquier caso lesionado más leve, no es considerado como siniestro con pérdida de tiempo, ni se toma cuenta para establecer las proporciones de siniestros. Cuando se incluyen las lesiones leves para medir la performance de seguridad, el deseo de hacer una buena demostración conspira contra el esfuerzo de asegurar la debida denuncia de los siniestros leves que requieren tratamiento; surgiendo así las infecciones.

### 3.1. Frecuencia:

Supóngase que comparamos dos fábricas, a las que llamaremos planta A. y planta B. El año pasado se lesionaron 10 hombres de la planta A. y 20 de la planta B. ¿Cuál de ellas tiene peor record de siniestros? ¿La planta B? Pero supóngase que la planta A. tenía 100 hombres trabajando y la planta B. el doble. Cada planta, en consecuencia, tuvo el mismo número de siniestros por cada 100 hombres en el trabajo. Pero supóngase que la planta A. trabajaba 40 horas por semana y la planta B. 44 horas. Esta circunstancia haría que la planta B. tuviera un record superior por haber trabajado cada hombre más horas, estando espuesto a las posibilidades de lesiones en el trabajo un total de 44 horas por semana, en lugar de 40. De modo que para hacer una verdadera comparación de la relación de los siniestros entre las plantas A. y B. el año pasado, tendríamos que tomar en cuenta el total "horas-hombre" trabajada por cada planta.

La unidad de medida llamada "tipo de frecuencia" o "frecuencia", lo demuestra. Ella representa el número de siniestros con pérdidas de tiempo, por cada millón de "horas-hombre" trabajadas.

Luego encontramos que:

$$F. \text{ (frecuencia)} = \frac{\text{Número de siniestros} \times 1.000.000}{\text{Horas-hombre}}$$

Si la planta A. tuvo 10 siniestros el año pasado y trabajó 200.000 horas-hombre durante el año, tendremos, utilizando la precedente fórmula:

$$\text{Frecuencia} = \frac{10 \times 1.000.000}{200.000} = 50$$

Esto indica simplemente que durante el año los obreros de la planta A. experimentaron siniestros con pérdidas de tiempo a razón de 50 por cada millón de horas que estuvieron en el trabajo. Otra manera de establecerlo, más clara quizás, es que en esa planta cada hombre sufre, por término medio, un siniestro con pérdida de tiempo cada diez años. Esto corresponde al tipo de frecuencia de 50 teniendo en cuenta que cada hombre trabaja un promedio de 2.000 horas por año (cuarenta horas por semana, cincuenta semanas por año).

### 3.2. Severidad:

Ahora iremos al asunto de la severidad o gravedad de los siniestros. La severidad es medida por la pérdida de tiempo causada y por el grado de incapacidad permanente (si la hubiera) resultante.

La severidad es el tiempo perdido por cada mil horas-hombre. Se describe en una fórmula:

$$S. \text{ (severidad)} = \frac{\text{Pérdida de tiempo (en días)} \times 1.000}{\text{horas-hombre}}$$

Si en el caso de la planta A. las 10 lesiones causaron un total

de 200 días de tiempo, obtendremos, usando la fórmula:

$$\text{Severidad} = \frac{200 \times 1.000}{200.000} = 1$$

Quiere decir que el tiempo perdido a causa de siniestros el año pasado en la planta A. fué de un día por cada mil horas trabajadas. Desde que cada hombre trabajó 2.000 horas durante el año, el promedio de tiempo perdido fué de dos días por hombre para el año.

En el ejemplo precedente no fueron tenidas en cuenta las incapacidades permanentes. Obvio es decir que cuando hay una incapacidad continuada, como una pierna rígida, un dedo perdido o la pérdida de un ojo, la verdadera pérdida de tiempo mientras la lesión se está curando, no constituye una medida adecuada de su severidad. Por lo tanto, se ha establecido una tarifa de valores para medir adecuadamente el tiempo perdido (norma americana) para todas las lesiones permanentes. La lista American Standard de valores en días es:

INCAPACIDAD	Días
Muertes.....	6.000
Incapacidad permanente total.....	6.000
Brazo a la altura del codo o más arriba .....	4.500
Brazo más abajo del codo.....	3.600
Mano.....	3.000
Pulgar.....	600
Cualquier otro dedo.....	300

Dos dedos de la misma mano .....	750
Tres dedos de la misma mano .....	1.200
Cuatro dedos de la misma mano .....	1.800
Pulgar y un dedo, misma mano .....	1.200
Pulgar y dos dedos, misma mano .....	1.500
Pulgar y tres dedos, misma mano .....	2.000
Pulgar y cuatro dedos, misma mano .....	2.400
Pierna a la altura de la rodilla o más arriba .....	4.500
Pierna más abajo de la rodilla .....	3.000
Dedo grande o dos o más dedos del mismo pié .....	300
Pié .....	2.400
Dos dedos grandes de pié .....	600
Un ojo, pérdida de vista .....	1.800
Dos ojos, pérdida de vista .....	6.000
Un oído, pérdida de oído .....	600
Ambos oídos, pérdida de oído .....	3.000

Se asume que éstos valores incluye el tiempo efectivamente perdido por el hombre.

Supongamos que incluimos en nuestro ejemplo un siniestro representando la pérdida de dos dedos. Se calcula por ellos 750 días, que añadidos al tiempo perdido en los restantes 9 siniestros, que supondremos halla sido de 180 días, dará un total de 930 días, por lo que ésta severidad será:

$$S = \frac{930 \times 1.000}{200.000} = 4.65$$

Todo ingeniero de seguridad o supervisor de planta debería considerar todo siniestro en estos términos y recomendar que haga otro tanto a cada dirigente con quien tenga contacto. Una primera pregunta a formular: ¿Cuál es su proporción de siniestros?.

Si el dirigente no lo sabe, es casi seguro que no está muy interesado en la performance de seguridad de su planta.

Si ni siquiera sabe que se entiende por frecuencia, es evidente que tiene poco conocimiento de la seguridad. Pero si conoce bien sus tipos de frecuencia y severidad, se puede estar seguro de tres puntos: primero, que es un hábil hombre de negocios con buenos éxitos; segundo, que trabaja basados en hechos y no en suposiciones; y tercero, que se inclina verdaderamente a la seguridad. Una planta que no calcula proporciones de siniestros, no tendrá probablemente cifras de horas-hombre. En tal caso se hace un cálculo multiplicando el número corriente de hombres por las horas que trabajan por semanas y las semanas del año. Si se presta razonable atención para conseguir la cifra de empleo corriente, el cálculo será suficientemente exacto para aplicarse al caso.

### 3.3. Costo de Accidentes:

El impulso principal que respalda una campaña de seguridad es el hecho de que los accidentes salen caros. Evitándolos pueden obtenerse importantes economías.

Es obvio que la indemnización y los gastos médicos constituyen costos de accidentes. Cualquier daño considerable en la maqui-

naria es igualmente visible, sin embargo la existencia de otros costos no es tan evidente. En realidad, sólo cuando fueron hechos cuidadosos y detallados estudios y publicadas sus resultancias, hubo algo que pudiera aproximarse a una plena verificación de la importancia de los costos indirectos. Estos estudios hicieron resaltar la relación generalmente reconocida del promedio de 4 dólares de costos indirecto, por cada dólar de costo directo, o sea indemnización más gastos médicos.

3.3.1. Los parciales de costos que generalmente se presentan, son:

- a) Indemnización.
- b) Gastos médicos.
- c) Pérdida de tiempo del lesionado (día del siniestro).
- d) Pérdida de tiempo de los compañeros que detienen el trabajo:
  - 1 para auxiliar al trabajador lesionado;
  - 2 por compañerismo o curiosidad;
  - 3 por otras razones incidentales.
- e) Tiempo de supervisor, dirigentes u otro personal directivo:
  - Asistiendo al lesionado;
  - Investigando las causas del accidente;
  - Tomando disposiciones para la **continuación** de la tarea que desempeña el lesionado.
  - Seleccionando y enseñando al nuevo operario;

- Preparando el informe de accidente;
- Asistiendo a investigaciones sobre el siniestro en casos serios o discutidos.
- f) Pérdida de producción debida al trastorno, nerviosidad o interés desviado de los trabajadores.
- g) Pérdida de producción debida a la detención de la máquina o proceso a cargo de la persona lesionada.
- h) Daño en la máquina, equipo o material.
- i) Desperdicio de producto o material a causa del trastorno emotivo de los compañeros de trabajo.
- j) Disminución de la eficiencia del lesionado por un tiempo, después de su vuelta al trabajo.
- k) Pérdida de negocios o clientes por no cumplir pedido a tiempo, multas por incumplimiento de obligaciones en casos de falta de entrega, etc.
- l) Gastos legales, pago de honorarios en los tribunales, gastos de trámite del caso, liquidaciones, juicios, etc, en casos discutidos ante la ley.

#### 5.3.4. Informes de accidentes y registros:

Así como los informes exactos de costos y los registros, son necesarios para una buena dirección de una empresa, es esencial también un adecuado informe y registro de los accidentes para una performance de seguridad de primer orden. Los registros de accidentes tienen dos propósitos primarios:

- a) Proporcionar la información necesaria para la compensación de la persona siniestrada.

b) Servir como guía en el esfuerzo de prevención.

Los resúmenes deberían ser hechos a intervalos fijos (en general mensualmente, dos veces por año, o anualmente) cubriendo asuntos como:

- a) Proporciones de frecuencia y severidad.
- b) Comparación para demostrar el rumbo y grado de cambio en tales proporciones.
- c) Costos de accidentes.
- d) Tipo de siniestros, tales como caídas, quemaduras, esfuerzos, etc.
- e) Fuentes de siniestros, tales como el manejo de los materiales, maquinarias, herramientas de mano etc.
- f) Operaciones y ocupaciones, tales como el amolado de piezas fundidas, el fundido de metal, pintura, conducción de unidades, etc.

Para propósitos de prevención, el informe standard o común de siniestros, debería ser suplementado por un informe de la investigación del accidente. Solamente mediante un adecuado análisis de las circunstancias y condiciones que llevaron al accidente, puede ser obtenida la información necesaria para la acción preventiva. Esta información si se quiere aprovechar entera y eficazmente, debe ser bien informada y registrada.

Las gráficas y los diagramas son medios excelentes de presentar los resúmenes. El diagrama es más apropiado para comparaciones de cantidades, tales como costos, mientras que las gráficas son excelentes para marcar los rumbos o direcciones.

El concepto de proporciones de frecuencia es demasiado abstracto para su uso efectivo, por personas no acostumbradas al uso de medidas abstractas; por tanto, para el personal de planta en conjunto, la historia de accidentes debería ser presentada enteramente de un modo mucho más simple. Se usan comúnmente dos métodos:

- a) Exponiendo en los pizarrones de boletines el número de días desde que ocurrió el siniestro último con pérdidas de tiempo en el departamento o planta.
- b) Dando el número efectivo de heridos, del siguiente modo: " En el último se lesionaron seis personas en ésta planta, A menos que mejoremos, habrá seis más éste mes. ¿Quién quiere ser uno de los seis?".

La esencia de un sistema satisfactorio de accidentes, implica los siguientes formularios o sus equivalentes:

- a) Un informe de accidentes (información pertinente al hecho).
- b) Un informe de la terminación del siniestro (toda la información concerniente a la solución del caso).
- c) Tarjeta de informes de siniestros individuales.
- d) Hoja de análisis (a la cual todos los datos pertinentes de cada caso son transferidos para análisis).
- e) Formularios de informe de resúmenes (mensual o anual - mente etc).

Por lo tanto, el método de informes debería ser tal que presentara claramente toda la información relativa a los factores

causales, y práctica en guiar la acción correctiva. La lista de riesgos y de costumbres riesgosas es desarrollada para cada operación, actividad o tarea. Estas listas se usan tanto en la investigación de accidentes en la inspección de riesgos. Los riesgos adicionales descubiertos por la investigación de accidentes o por otros medios, son agregados a las listas de control y a descripciones de la tarea y son tenidos en cuenta en procedimiento de operación.

VI.- ESTUDIO ECONOMICO DEL PROYECTO

VI.- ESTUDIO ECONOMICO DEL PROYECTO.-

De conformidad con los antecedentes del Proyecto se ha llegado al punto de la estructuración económica y se considera:

- Que el costo del terreno de la Central de Mantenimiento y que es pertenencia de la Empresa de Ferrocarriles del Estado, no se tomará en cuenta, por ésta misma razón, para efecto del cálculo económico.
- Algunas naves ya construídas y parte de la maquinaria y equipo todavía útiles de sus antiguos talleres, se tomará en cuenta en éste mismo cálculo económico, solamente para efectos de depreciación y no entrando su valor en activo fijo para no reflejar un valor errado en el costo real.

6.1. COSTO DE MATERIALES DIRECTO:

6.1.1. Construcciones:

Naves:	7944 m <sup>2</sup>	.....	s/. 500 c/m <sup>2</sup>	.....	s/.3,972,000.00
Oficinas y almacenes:	199.25 m <sup>2</sup>	.....	" 800 "	.....	" 1,593,000.00
Bodega:lu- bricantes:	367.50 m <sup>2</sup>	.....	" 500 "	.....	" 183,750.00
Parrilla:	1086.75 m <sup>2</sup>	.....	" 500 "	.....	" 543,375.00
<hr/>					
TOTAL.....					s/. 6,292,125.00
Naves cons- truídas:	14656.00 m <sup>2</sup>	.....	s/. 500 c/m <sup>2</sup>	.....	" 7,328,000.00
<hr/>					

T O T A L.....s/. 13,620,125.00

6.1.2. Maquinarias y equipos:

6.1.2.1. Sección pintura:

Especificación	Unidades necesarias	Precio unitario estimativo en sucres	Precio Total estimativo en sucres
Anaqueles para materiales	5	500	2500.00
Mesas para trabajos	3	200	600.00
		TOTAL.....	3100.00

6.1.2.2. Taller de carpintería:

Especificación	Unidades necesarias	Precio unitario estimativo en sucres	Precio Total estimativo en sucres
Sierras horizontales (pequeñas)	3	6,000.00	18,000.00
Sierras verticales (grandes)	2	30,000.00	60,000.00
Cepilladoras	4	20,000.00	80,000.00
Tornos de 1' x 60'	3	90,000.00	270,000.00
Esmeriles	2	3,000.00	6,000.00
Taladro de avance manual	1	2,000.00	2,000.00
Mesas para trabajos	2	200.00	400.00
		TOTAL.....	436,400.00

6.1.2.3. Taller carrocería-construcción-mesa de transferencia y sección zanjas-reparaciones

Especificación	Unidades necesarias	Precio unitario estimativo en sucres	Precio Total estimativo en sucres
Tecles con capacidad de 50 tons. c/u.	4	50,000.00	200,000.00
Mesa de transferencia con capacidad de 100 tons.	1	800,000.00	800,000.00
		TOTAL.....	1,000,000.00

6.1.2.4. Taller de máquinas herramientas

Especificación	Unidades necesarias	Precio unitario estimativo en sucres	Precio Total estimativo en sucres
Torno vertical de 72" Dia. mesa	1	180,000.00	180,000.00
Tornos universales de 13" x 72"	2	120,000.00	240,000.00
Tornos de 26 1/4" x 16'	3	110,000.00	330,000.00
Taladro	1	2,000.00	2,000.00
Taladro radial con brazo de 4 1/2"	1	80,000.00	80,000.00
Taladro fresa	1	100,000.00	100,000.00
Taladro	2	50,000.00	100,000.00
Prensa-hidráulica con capacidad 10 tons.	1	40,000.00	40,000.00

Especificación	Unidades necesarias	Precio unitario estimativo en sucres	Precio Total estimativo en sucres
Prensa-hidráulica con capacidad 5 tons.	1	20,000.00	20,000.00
Fresadoras	1	60,000.00	60,000.00
Terraaja 20" mesa	1	20,000.00	20,000.00
Terraaja 30" mesa	1	40,000.00	40,000.00
Esmeriles	2	6,000.00	12,000.00
Equipo comprobador, micrómetros, calibres y verificadores de planos			40,000.00
Herramientas manuales, llaves, destornilladores y más piezas			20,000.00
Mesas de trabajo	2	200,00	400,00
		TOTAL .....	1,284,400.00
<u>Maquinaria todavía útil:</u>			
Tornos dobles para ruedas hasta de 9' de longitud entre centros y 60" volteo	2	180,000.00	360,000.00
Torno vertical de 60" de dia. mesa	1	150,000.00	150,000.00
Torno universal de 13"x72"	1	120,000.00	120,000.00

Especificación	Unidades necesarias	Precio unitario estimativo en sucres	Precio Total estimativo en sucres
Torno Revólver de 21" x 84"	1	150,000.00	150,000.00
Tornos de 18" x 16'	7	100,000.00	700,000.00
Tornos de 26 1/4" x 16'	4	110,000.00	440,000.00
Cepilladora horizontal de 6' mts. de mesa	1	220,000.00	220,000.00
Cepilladora horizontal de 20" de mesa	1	80,000.00	80,000.00
Cepilladora horizontal de 25" de mesa	1	90,000.00	90,000.00
Cepilladora horizontal de 4' mts. de mesa	1	160,000.00	160,000.00
Fresadora	3	40,000.00	120,000.00
Sierras alternativas electricas	3	30,000.00	90,000.00
Escoplo	1	80,000.00	80,000.00
Doall	2	90,000.00	180,000.00
		TOTAL ....	2,940,000.00

6.1.2.5. Sección hojalatería:

Especificación	Unidades necesarias	Precio unitario estimativo en sucres	Precio Total estimativo en sucres
Tijera grande con longitud de costo de 50"	1	30,000.00	30,000.00

Especificación	Unidades necesarias	Precio unitario estimativo en sucres	Precio Total estimativo en sucres
Fragua: material refractario e instalación, incluyendo motor para tiro de aire	1	15,000.00	15,000.00
Esmeril	1	6,000.00	6,000.00
Anaqueles para herramientas	1	500.00	500.00
Mesas para trabajo	1	200.00	200.00
		<b>TOTAL</b>	<b>51,700.00</b>
<u>Maquinarias todavía útiles:</u>			
Máquina dobladora de planchas de rodillos tipo piramidal de 10" dia. rodillos base y 12" rodillos tope con 10' de longitud	1	50,000.00	50,000.00
Equipo oxi-acetilénico	1	4,000.00	4,000.00
		<b>TOTAL.....</b>	<b>54,000.00</b>

6.1.2.6. Sección aire:

Especificación	Unidades necesarias	Precio unitario estimativos en sucres	Precio Total estimativos en sucres
Equipo móvil de aire para probar los com			

Especificación	Unidades necesarias	Precio unitario estimativo en sucres	Precio Total estimativos en sucres
presores comprobadores de frenos en unidades rodantes	1	8,000.00	8,000.00
Esmeril	1	6,000.00	6,000.00
Equipo para prueba de válvulas y más mecanismos de línea de vapor, aire y combustibles	1	5,000.00	5,000.00
Horno de aire caliente para calentar piñones de 24" de alto por 20" cuadradas, con trolado termotáticamente con un rango de temperatura de 300° C a 300° C.	1	60,000.00	60,000.00
Equipo soldadura oxi-acetilénico	1	4,000.00	4,000.00
Anaqueles para herramientas	1	500.00	500.00
Mesas para trabajos	1	200.00	200.00
		TOTAL ....	83,700.00

6.1.2.7. Laboratorio para análisis de materiales

Especificación	Unidades necesarias	Precio unitario estimativo en sucres	Precio Total estimativo en sucres
Máquina chequeadora de trizaduras	1	120,000.00	120,000.00

Especificación	Unidades necesarias	Precio unitario estimativo en sucres	Precio Total estimativo en sucres
Banco de ensayo automático ultrasónico para rueda de trenes	1	100,000.00	100,000.00
Máquina óptica para calibración de ruedas	1	160,000.00	160,000.00
Torno tipo pórtico para ruedas de trenes	1	280,000.00	280,000.00
Máquina para acabado de pistas de cejas de ruedas de trenes	1	140,000.00	140,000.00
Anaqueles para herramientas	1	500.00	500.00
Mesa para trabajo	1	200.00	200.00
		TOTAL .....	800,700.00

6.1.2.8. Taller de electricidad

Especificación	Unidades necesarias	Precio unitario estimativo en sucres	Precio Total estimativo en sucres
Esmeril	1	6,000.00	6,000.00
Banco para trabajo, magger completo, voltímetro, avómetros	1	10,000.00	10,000.00
Línea para carga de batería de unidades propulsoras para carga de 1 a 6 baterías de 6 V.etc.	1	25,000.00	25,000.00

Especificación	Unidades necesarias	Precio unitario estimativo en sucres	Precio Total estimativo en sucres
Anaqueles para herramientas	1	500.00	500.00
Recipiente para agua destilada capacidad 50 gal. alimentación por gravedad	1	3,000.00	3,000.00
		TOTAL .....	44,500.00
<u>Maquinaria. todavía útil:</u>			
Soldadora de punto	1	30,000.00	30,000.00
Soldadora de corriente con rango de 40 a 400 amperios, equipo completo	1	40,000.00	40,000.00
		TOTAL	70,000.00

6.1.2.9. Taller de auto-motores:

Especificación	Unidades necesarias	Precio unitario estimativo en sucres	Precio Total estimativo en sucres
Rectificadora de cigüeñales hasta de 70" longitud y 35" dia.	1	160,000.00	160,000.00
Chequeadora y secadora de rulimanes hidráulicos	1	50,000.00	50,000.00
Rectificadora de válvulas de precisión	1	20,000.00	20,000.00

Especificación	Unidades necesarias	Precio unitario estimativo en sucres	Precio Total estimativo en sucres
Esmeril	1	6,000.00	6,000.00
Equipo para prueba de inyectores y de toberas	1	15,000.00	15,000.00
Anaqueles para herramientas	1	500.00	500.00
Mesa para trabajo	1	200.00	200.00
Tanque portátil sobre ruedas para transportar aceite de lubricación capacidad 50 gal.	1	500.00	500.00
Equipo soldadura oxi-acetilénico	1	4,000.00	4,000.00
		TOTAL .....	252,200.00
<u>Maquinaria todavía útil:</u>			
Soldadura eléctrica portátil rango de 60 a 600 amperios, equipo completo	1	50,000.00	50,000.00
Equipo soldadura oxi-acetilénico	1	4,000.00	4,000.00
		TOTAL .....	54,000.00

6.1.2.10. Taller carrocería-mantenimiento pesado:

Especificación	Unidades necesarias	Precio unitario estimativo en sucres	Precio Total estimativo en sucres
Tecles con capacidad de 50 tons. c/u.	4	50,000.00	200,000.00
Equipo de magnaglo	1	150,000.00	150,000.00
Torna mesa con capacidad hasta de 100 tons.	1	400,000.00	400,000.00
Lavadoras	5	60,000.00	300,000.00
		TOTAL....	1,050,000.00
<u>Maquinaria todavía útil:</u>			
Equipo de magnaflux	1	200,000.00	200,000.00
		TOTAL ...	200,000.00

6.1.2.11. Taller de fundición:

Especificación	Unidades necesarias	Precio unitario estimativo en sucres	Precio Total estimativo en sucres
Horno de cubilote-1,52 mts. dia. x 10 mts. altura-materiales refractorios, instalaciones y más materiales para su construcción	1	70,000.00	70,000.00
Ventilador de aire para hornos de cubilote de acuerdo característica 3.4.11.	1	20,000.00	20,000.00

Especificación	Unidades necesarias	Precio unitario estimativo en sucres	Precio Total estimativo en sucres
Mesa para rectificar almas de los moldes	1	800.00	800.00
Cajas de fundición, herramientas de trabajo y más materiales			40,000.00
		TOTAL .....	130,800.00
<u>Maquinaria todavía útil:</u>			
Horno de cubilote 0,91 mts. dia. x 8 mts. altura-materiales refractorios, instalaciones y más materiales.	2	60,000.00	120,000.00
Crisoles para fundiciones de bronce, magnolia, aluminio según características 4.4; materiales refractorios, instalaciones y más materiales	3	50,000.00	150,000.00
Horno para secado de moldes y almas de los moldes, materiales refractorios, instalaciones y más materiales de acuerdo característica 4.4	1	70,000.00	70,000.00
		TOTAL.....	340,000.00

## 6.1.2.12. Taller de herrería:

Especificación	Unidades necesarias	Precio unitario estimativo en sucres	Precio Total estimativo en sucres
Fragua para forjar materiales: materiales refractorios, construcción e instalación, incluyendo motor para tiro de aire.	9	15,000.00	135,000.00
Hornos para tratamiento de materiales de piezas mayores; materiales refractorios, instalaciones y más materiales para su construcción, incluyendo motor para inyección de combustible	1	90,000.00	90,000.00
Martillo de aire con capacidad de golpe de 1.5 tons. materiales para su instalación menos cimiento	1	100,000.00	100,000.00
Martillo de aire con capacidad de golpe de 2 tons. materiales para su instalación nuevo cimiento	1	120,000.00	120,000.00
Yunques bases	10	500.00	5,000.00

Especificación	Unidades necesarias	Precio unitario estimado en sucres	Precio Total estimado en sucres
Mesas para trabajo	5	400.00	2,000.00
Vasijas con solución para tratamiento de materiales, capacidad 20 gal.	15	500.00	7,500.00
Recipientes con solución para tratamiento de materiales capacidad 50 gal.	4	800.00	3,200.00
Herramientas de trabajo			10,000.00
TOTAL.....			472,700.00
<u>Maquinaria todavía útil:</u>			
Máquina, constructora de remaches, pernos y clavos de línea.	1	250,000.00	250,000.00
Horno para tratamiento de materiales de piezas mayores materiales refractorios, instalaciones y más materiales incluyendo motor para inyección de combustible.	1	90,000.00	90,000.00
TOTAL .....			340,000.00

6.1.2.13. Sección generación de energía:

Especificación	Unidades necesarias	Precio unitario estimativo en sucres	Precio Total estimativo en sucres
Sistema termo-eléctrico de acuerdo características 4.1.	1	4,000,000.00	4,000,000.00
Compresor de aire, de acuerdo características 4.4.11.y 4.4.12.	1	250,000.00	250,000.00
		TOTAL .....	4,250,000.00

6.1.2.14. Total de maquinarias y equipos:

Sección pintura.....	s/.	3,100.00
Taller de carpintería.....	"	436,400.00
Taller carrocería-construcción-mesa de transferencia y sección zangas-reparaciones .....	"	1,000,000.00
Taller de máquinas-herramientas .....	"	1,284,400.00
Sección hojalatería .....	"	51,700.00
Sección aire .....	"	83,700.00
Laboratorio para análisis de materiales .....	"	800,700.00
Taller de electricidad .....	"	44,500.00
Taller de auto-motores .....	"	252,200.00
Taller carrocería-mantenimiento-pesado.....	"	1,050,000.00
Taller de fundición .....	"	130.800.00
Taller de herrería .....	"	472,700.00

Sección generación de energía ..... s/. 4,250,000.00

---

TOTAL ..... s/. 9,860,200.00

6.1.2.15. Total de maquinarias y equipos todavía útiles en antiguos talleres de la Empresa de Ferrocarriles del Estado.

Taller de máquinas herramientas ..... s/. 2,940,000.00

Sección hojalatería ..... " 54,000.00

Taller de electricidad ..... " 70,000.00

Taller de automotores ..... " 54,000.00

Taller carrocería-mantenimiento pesado ..... " 200,000.00

Taller de fundición ..... " 340,000.00

Taller de herrería ..... " 340,000.00

---

TOTAL.. s/. 3,998,000.00

6.2. OTROS EQUIPOS, MOBILIARIOS Y ENSERES:

Descripción	Unidades necesarias	Precio unitario estimativo en sucres	Precio Total estimativo en sucres
Escritorios y sillas	25	1,000.00	25,000.00
Equipo de oficina: máquinas de escribir, sumadoras, archivadores, estantes para materiales			100,000.00
Tableros de dibujo e implemento auxiliares	4	10,000.00	40,000.00
Vehículos	3	120,000.00	360,000.00
		TOTAL.....	525,000.00

6.3. DEPRECIACION:

PARTIDA	Precio Total estimativo en sucres	Años de vida	Estimado por años en sucres
Construcciones	6,292,125.00	30	209,737.50
Naves construídas	7,328,000.00	20	366,400.00
Maquinarias y equipos	9,860,200.00	15	657,346.67
Otras maquinarias y equipos	3,998,000.00	10	399,800.00
Otros equipos, mobiliarios y enseres	165,000.00	10	16,500.00
Vehículos	360,000.00	5	72,000.00
	TOTAL .....	..... s/.	1,721,784.17

## 6.4. MANO DE OBRA DIRECTA:

Especificación	Personal necesario	Salario Promedio unitario mensual en sucres	Costo Anual en sucres
Pintores	6	500	36,000.00
Operarios para taller de carpintería	11	550	72,600.00
Operarios para taller carrocería-construcción-mesa de transferencia y sección zanjas-reparaciones	10	600	72,000.00
Operarios para taller máquina herramientas	35	600	252,000.00
Operarios para la sección hojalatería	3	500	18,000.00
Operarios para la sección aire	4	600	28,800.00
Operarios para el laboratorio para análisis de materiales	5	650	39,000.00
Operarios para el taller de electricidad	4	650	31,200.00
Operarios para el taller de automotores	6	650	46,800.00
Operarios para el taller carrocería-mantenimiento pesado	12	600	86,400.00

Especificación	Personal necesario	Salario Promedio unitario mensual en sucres	Costo Anual en sucres
Operarios para el taller de fundición	12	600	86,400.00
Operarios para el taller de herrería	12	600	86,400.00
Operarios para la sección generación de energía	4	650	31,200.00
Conductores de vehículos	3	600	21,600.00
<b>TOTAL</b>	<b>127</b>		<b>908,400.00</b>
Décimo tercer sueldo .....			75,700.00
Aporte patronal 7% .....			63,588.00
<b>Total mano de obra directa .....</b>		<b>s/.</b>	<b>1,047,688.00</b>

6.5. MANO DE OBRA INDIRECTA:

Especificación	Personal necesario	Sueldo unitario mensual en sucres	Costo Anual en sucres
Superintendente general.	1	7,000.00	84,000.00
Ingeniero de producción	1	6,500.00	78,000.00
Ingeniero de seguridad	1	6,000.00	72,000.00
Superintendentes auxiliares	2	5,000.00	120,000.00
Supervisor re-			

Especificación	Personal necesario	Sueldo unitario mensual en sucres	Costo Anual en sucres
laciones industriales	1	2,000.00	24,000.00
Supervisores de talleres	10	2,500.00	300,000.00
<u>Gastos de administración:</u>			
Secretarias	3	1,500.00	45,000.00
Dibujantes	2	1,400.00	26,400.00
Contador	1	3,000.00	36,000.00
Ayudte. contador	1	1,500.00	18,000.00
Bodegueros	4	2,000.00	96,000.00
<b>TOTAL</b>	<b>27</b>		<b>899,400.00</b>
Décimo tercer sueldo .....			75,700.00
Aporte patronal 7% .....			62,958.00
Total mano de obra indirecta: .....s/.			<b>1,038,058.00</b>

6.6. SUMINISTROS:

T I P O	Costo Anual estimativo en sucres
<u>Combustibles:</u>	
Residuos de petróleo-planta eléctrica s/. 261 /Hr x 8Hr/día x 260 $\frac{\text{día}}{\text{año}}$ s/. 582,880.00	
Petróleo diésel-unidades propuloras s/. 1452/Hrx8Hr/díax260 $\frac{\text{día}}{\text{año}}$ = s/. 3,020,160.00	
TOTAL.....	3,603,040.00
<u>Lubricantes:</u> aceite y grasas	500,000.00
	s/. 3,603,040.00

T I P O . .	Costo Anual estimativo en sucres
Varillas de soldadura y gas . . .	200,000.00
Agua: s/. 174,40/día x 260 $\frac{\text{día}}{\text{año}}$	45,344.00
Imprevistos . . . . .	30,000.00
	<hr/>
TOTAL . . . . .	s/. 4,378,384.00

6.7. GASTOS GENERALES DE PRODUCCION:

P A R T I D A	Costo Anual estimativo en sucres
Depreciación . . . . .	1,721,784.17
Mano de obra indirecta . . . . .	1,038,058.00
Suministros . . . . .	4,378,384.00
	<hr/>
TOTAL . . . . .	s/. 7,138,226.17

6.8 ACTIVO FIJO:

P A R T I D A	Costo estimativo en sucres
Construcciones . . . . .	6,292,125.00
Maquinarias y equipos . . . . .	9,860,200.00
Otros equipos, mobiliarios y enseres . . . . .	525,000.00
	<hr/>
TOTAL . . . . .	16,677,325.00

6.9. CAPITAL DE OPERACION:

P A R T I D A	Costo estimativo en sucres
Materia prima ..(2 meses)	1,000,000.00

PARTIDA	Precio estimativo en sucres
Mano de obra directa ...(2 meses)	174,000.00
Gastos generales de producción (2 meses).....	1,180,000.00
	<hr/>
TOTAL .....	2,354,000.00

6.10 CAPITAL NECESARIO:

PARTIDA	Precio estimativo en sucres
Activo fijo .....	16,677,325.00
Capital de operación .....	2,354,000.00
	<hr/>
TOTAL.....	19,031,325.00

VII.- A N E X O S.-

ANEXO N<sup>o</sup> 1: Planimetría de patio de talleres viejos y depósitos del ferrocarril en Eloy Alfaro (Durán).

ANEXO N<sup>o</sup> 2: Distribución general de talleres.

ANEXO N<sup>o</sup> 3: Proyección de habitantes de la población de Eloy Alfaro (Durán) desde 1.965 hasta 1.984.

ANEXO N<sup>o</sup> 4: Corte transversal del terreno tomado de: Estudio del Puente sobre el Río Guayas (Ing. Riccardo Morandi).

ANEXO N<sup>o</sup> 5: Distribución de maquinarias y equipos.

B I B L I O G R A F I A.-

- Informe Parsons sobre rehabilitación del Ferrocarril.
- Estudio del Consorcio Británico sobre rehabilitación del Ferrocarril: conclusiones y recomendaciones.
- Informe de Sofrerail sobre rehabilitación del Ferrocarril hecho por el Ing. Cusson.
- American Associations Rail-Roads Handbook (A.A.R. 1961).
- Atlas: Railways & General Machine Tools.
- Whiting rail road equipment: modern methods in repair shops.
- Informe del Departamento de Censos (1966) de la Junta Nacional de Planificación y Coordinación económica.
- Estudio Cuenca del Río Guayas, tomado del estudio técnico del Profesor Ing. Riccardo Morandi.
- Facilidades de mantenimiento para locomotoras diésel, confeccionado por ALCO.
- Mantenimiento de maquinarias y equipos industriales: Ing. Vicente Cabezas (1966).

- Manual de la producción: Alford y Bangs.
- Manual del Ingeniero Mecánico de Marks: Baumeister y Marks.
- Formulario del Ingeniero: Egidio Garuffa.
- Kent's Mechanical Engineers Handbook: Design and Production (Twelfth edition).
- Hormigon Armado: Fernando Moral.
- Mechanical Vibrations: Den Hartog
- Engineering Materials: United States Naval Institute Annapolis, Maryland.
- Thermodynamics: Keenan.
- Termodinámica: Faires.
- Thermodynamics properties of steam. (tables): Keenan and Kayes.
- Fluid Mechanics: R.C. Binder.
- Reglamentos de seguridad en los establecimientos industriales para guía de los Gobiernos y de la industria (O.I.T. Ginebra).

Seguridad industrial: Ing. Vicente Cabezas (1966).

Banco de Seguros del Estado: Curso de Seguridad Industrial  
(Montevideo 1.947).

Advanced Strength of Materials: J.P. Den Hartog.