

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

**MODELO DE MICROCENTRAL HIDROELECTRICA
UTILIZANDO BOMBA CENTRIFUGA**

TESIS PRESENTADA
POR

HECTOR JACINTO GOMEZ SON

AL CONFERIRSELE EL TITULO DE

INGENIERO MECANICO

GUATEMALA, AGOSTO DE 1997

08
T(4114)
09

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos establecidos por la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de presentar ante Uds. mi trabajo de tesis titulado.

**"MODELO DE MICROCENTRAL HIDROELECTRICA UTILIZANDO BOMBA
CENTRIFUGA"**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha, 11 de abril de 1,994.



HECTOR JACINTO GOMEZ SON

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

MIEMBROS DE LA JUNTA DIRECTIVA

DECANO:	Ing.	Herbert René Miranda Barrios.
VOCAL PRIMERO:	Ing.	Miguel Angel Sánchez Guerra.
VOCAL SEGUNDO:	Ing.	Jack Douglas Ibarra Solórzano.
VOCAL TERCERO:	Ing.	Juan Adolfo Echeverría Méndez.
VOCAL CUARTO:	Br.	Víctor Rafael Lobos Aldana.
VOCAL QUINTO:	Br.	Wagner Gustavo López Cáceres.
SECRETARIO:	Ing.	Gilda Marina Castellanos de illescas

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN

GENERAL PRIVADO

DECANO:	Ing.	Julio Ismael González Podszueck.
EXAMINADOR:	Ing.	Raúl Estuardo Cifuentes Aguilar.
EXAMINADOR:	Ing.	Osmar Omar Rodas Mazariegos.
EXAMINADOR:	Ing.	Mario Roberto Cifuentes Aguilar.
SECRETARIO:	Ing.	Francisco Javier González López.

7 de Julio de 1,997

Señor Director de la
Escuela de ingeniería Mecánica,
Universidad de San Carlos de Guatemala.
Presente.

Señor Director:

Cumpliendo con lo resuelto por la dirección, se procedió a la asesoría y revisión del trabajo de tesis titulado "Modelo de Microcentral hidroeléctrica utilizando bomba centrífuga" desarrollado por el estudiante universitario "Héctor Jacinto Gómez Son", previo a optar por el título de Ingeniero Mecánico.

El trabajo presentado por el estudiante Héctor Jacinto Gómez Son ha sido desarrollado cumpliendo con los requisitos reglamentarios, consultando la bibliografía adecuada y siguiendo las recomendaciones de la asesoría.

Por todo lo anterior, tanto el autor como la asesoría somos responsables del contenido y conclusiones del presente trabajo de tesis y en consecuencia, por medio de la presente me permito APROBARLO para los efectos de graduación del autor.

Atentamente:



Ing. Erick Mauricio González de León
Colegiado No. 2410

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Coordinador del área de Diseño de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del asesor, y habiendo revisado en su totalidad el trabajo titulado Modelo de Microcentral Hidroeléctrica Utilizando Bomba Centrífuga, del estudiante Hector Jacinto Gómez Son, recomienda su autorización.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Pedro E. Kubes

Ing. Pedro Enrique Kubes Zacek

Coordinador de Area

Guatemala, octubre de 1,996.

/behdei.



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

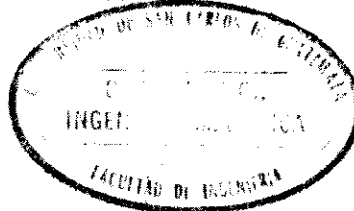
Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen del asesor, con el visto bueno del Coordinador del Area de Diseño, al trabajo de tesis titulado Modelo de Microcentral Hidroeléctrica Utilizando Bomba Centrífuga, del estudiante Héctor Jacinto Gómez Son, procede a la autorización del mismo.

DIRIGIDA Y ENSEÑADA A TODOS

Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

DIRECTOR



Guatemala, julio de 1, 997.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, Ingeniero Carlos Humberto Pérez Rodríguez, al trabajo de tesis titulado Modelo de Microcentral Hidroeléctrica Utilizando Bomba Centrífuga, presentado por el estudiante universitario Héctor Jacinto Gómez Son, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRIMASE


ING. HERBERT RENE MIRANDA BARRIOS

DECANO

Guatemala, julio de 1, 1997.



ACTO QUE DEDICO

A DIOS

Porque El es mi roca fuerte y fortaleza.

A MIS PADRES:

Jacinto Gómez, Juana Son Elías porque siempre confiaron en mí, gracias por su apoyo y cariño.

A MIS HERMANOS

Drs. Jaime, Pediatra Irma. Enf. Prof. Norma y Arq. René Oswaldo. Por estar siempre unidos en las buenas y en las malas.

A LAS FAMILIAS:

Gómez Rodríguez, Puac Gómez, Tzic Gómez, Maldonado de León con todo cariño.

A MIS SOBRINOS

En especial: A TODOS, que mi triunfo sea un ejemplo de constancia.

A MIS AMIGOS:

En especial a: Nydia (†), Jorge (†).

Fredy's, David, Arturo, Juan's, Francisco, Edwin, Jorge Luís, Mirla, Maira, Mary, Isabel's, hermanas Tigüilá.

A MIS TIOS:

Rosa, Bonifacio, Clemencia con cariño.

A ELLA:

Con cariño.

A USTED:

Con aprecio y respeto

AGRADECIMIENTOS:

A: Ing. Erick González:

por su apoyo y asesoría prestada para el presente trabajo.

A: Ministerio de Energía y Minas:

Por su apoyo y colaboración, para el desarrollo del presente proyecto.

A Ing. Francisco ubieto:

Jefe del laboratorio de Hidráulica, (Centro de investigaciones de Ingeniería), por permitirme hacer uso del equipo de laboratorio de Hidráulica para realizar mediciones de presión y caudal

A: I.C.A.I.T.I. :

Por permitirme hacer uso de equipo de medición, para las pruebas realizadas en el laboratorio de Hidráulica.

A: INTECAP:

En especial a técnicos en electricidad automotriz, por su ayuda prestada.

INDICE GENERAL

	PAGINA
INDICE GENERAL	I
INDICE DE GRAFICAS	VI
INDICE DE TABLAS	VII
INDICE DE FIGURAS	VIII
ABREVIATURAS UTILIZADAS	XI
GLOSARIO DE TERMINOS TECNICOS	XIII
INTRODUCCION	XIX
CAPITULO No. 1. GENERALIDADES DEL PROYECTO	1
1.1 Descripción general del proceso a seguir en la planta generadora	1
1.2 Descripción general del equipo a usar	2
1.2.1 Bomba turbina centrífuga	2
1.2.2 Generador automotriz	6
1.2.3 Regulador de voltaje	8
1.2.4 Batería automotriz	10
1.2.5 Voltímetro de corriente continua	13
1.2.6 Amperímetro de corriente continua	14
1.2.7 Materiales en general	15
CAPITULO No. 2 TRANSFORMACION DE BOMBA A TURBINA	16
2.1 Identificación del tipo y partes de la bomba a utilizar	16
2.2 Bomba centrífuga automotriz	18
2.2.1 Bomba de alabes rectos	18
2.2.1.1 Estudio de componentes	18

2.2.1.1.1 Estudio de alabes	18
Breve descripción del funcionamiento de una turbina Pelton	22
2.2.1.1.2 Estudio de difusor	22
2.2.1.1.3 Estudio de circuitos de agua	22
2.2.1.2 Cambios que se deben realizar para transformar bomba a turbina	24
2.2.1.2.1 Modificación de alabes	24
2.2.1.2.2 Modificación de distribuidor a desfogue	24
2.2.1.2.3 Modificación del acoplamiento	24
2.2.2 Bomba de alabes curvos	24
Partes principales de una turbina Francis	25
2.2.2.1 Estudio de componentes	26
2.2.2.1.1 Estudio de alabes	26
Formas para lograr eficiencia máxima	28
Eficiencia del alabe	29
2.2.2.1.2 Estudio de difusor	31
2.2.2.1.3 Estudio de circuitos de agua	34
2.2.2.2 Cambios que se deben realizar para transformar bomba a turbina	36
2.2.2.2.1 Modificación de alabes	36
2.2.2.2.2 Modificación de difusor a distribuidor	36
2.2.2.2.3 Modificación del acoplamiento e instalación	36
2.3 Bomba centrífuga de uso doméstico e industrial	36
2.3.1 Bomba Sta. Rite C-1	36
2.3.1.1 Estudio de componentes	37
2.3.1.1.1 Estudio de rodete	37

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

2.3.1.2 Cambios que se deben realizar para transformar bomba Sta. Rite C-1 a turbina	37
2.3.2 Bomba Red Jacket	38
2.3.2.1 Estudio de componentes	38
2.3.2.1.1 Estudio de rodete	38
2.3.2.2 Cambios que se deben realizar para transformar bomba Red Jacket a turbina	39
CAPITULO No. 3 ENSAMBLE DE EQUIPO TURBOGENERADOR	40
3.1 Estructura de soporte	40
3.2 Equipo turbogenerador	42
3.2.1 Materiales usados y forma de operación	42
Forma de operación	42
Transmisión con banda	43
3.3 Conexiones eléctricas	45
3.3.1 Del alternador al regulador	45
3.3.1.1 Materiales usados y forma de operación	48
Cálculos teóricos	48
3.3.2 De batería a regulador	49
3.3.2.1 Materiales usados y forma de operación	49
3.3.3 Instrumentos utilizados	49
3.3.3.1 Amperímetro y voltímetro	50
CAPITULO No. 4 PRUEBAS DE LABORATORIO PARA GENERAR 12 VOLTIOS	51
4.1 Bomba centrífuga automotriz	51
4.1.1 Bomba de alabes rectos transformada a turbina Pelton	51
Equipo de laboratorio utilizado	51

Análisis de resultados	58
4.1.2 Bomba de alabes curvos transformada a turbina Francis	58
4.2 Bomba centrífuga de uso doméstico transformada a turbina	62
4.2.1 Bomba Sta. Rite C-1 a turbina	62
Análisis de resultados	70
4.2.2 Bomba Red Jacket a turbina	70
análisis de resultados	80
CAPITULO No. 5 MONTAJE Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA	82
5.1 Ubicación del lugar	82
5.2 Cubierta de protección	82
5.3 Requisitos de caudal y de presión	82
Definición de caudal	82
5.3.1 Medición de caudal	83
5.3.1.1 Por medio de recipiente	83
5.3.1.2 Por medio de vertedero	84
Definición de vertedero	84
Vertedero rectangular	84
Vertedero triangular	86
5.3.1.3 Por método de áreas (aforo de río)	88
5.3.2 Medidor de presión	89
Presión atmosférica y presión absoluta	89
5.4 Mantenimiento de planta	90
5.4.1 Mantenimiento preventivo	91
Alternador	91
Regulador de voltaje	98

Batería	98
Comprobación del estado de la batería	99
Si la batería no funciona	99
Tipo de mantenimiento bajo	102
Verificación del peso específico por medio del hidrómetro	104
Densidad del electrolito	104
CAPITULO No. 6 OPERACION DE LA MICROCENTRAL HIDROELECTRICA	107
6.1 Proceso a seguir para el funcionamiento de la microcentral	107
6.1.1 Control de válvula de paso de agua	107
6.1.2 Control de amperímetro	108
6.1.3 Control de voltímetro	109
CONCLUSIONES	XX
RECOMENDACIONES	XXV
BIBLIOGRAFIA	XXVII

INDICE DE GRAFICAS

	PAGINA
BOMBA DE ALABES RECTOS, TRABAJANDO COMO TURBINA PELTON	
GRAFICA No. 1 Altura Vrs. Caudal	55
GRAFICA No. 2 Potencia Hidráulica Vrs. Caudal	55
GRAFICA No. 3 Voltaje Vrs Presión	56
GRAFICA No. 4 Caudal Vrs. Presión	56
GRAFICA No. 5 RPM Vrs. Presión	57
GRAFICA No. 6 Amperios Vrs. Presión	57
BOMBA DE ALABES CURVOS, TRABAJANDO COMO TURBINA FRANCIS	
GRAFICA No. 7 RPM. Vrs. Presión	61
BOMBA STA RITE C-1, TRABAJANDO COMO TURBINA	
GRAFICA No. 8 Potencia Vrs. Caudal	66
GRAFICA No. 9 Eficiencia Vrs. Caudal	66
GRAFICA No. 10 RPM Vrs. Presión	67
GRAFICA No. 11 Caudal Vrs. Presión	67
GRAFICA No. 12 Voltaje Vrs. Presión	68
GRAFICA No. 13 Amperaje Vrs. Presión	68
GRAFICA No. 14 Potencia Vrs. Presión	69
BOMBA RED JACKET, TRABAJANDO COMO TURBINA	
GRAFICA No. 15 RPM Vrs. Presión	77
GRAFICA No. 16 Caudal Vrs. Presión	77
GRAFICA No. 17 Potencia Vrs. Caudal	78
GRAFICA No. 18 Potencia Vrs. Presión	79

INDICE DE TABLAS

BOMBA AUTOMOTRIZ DE ALABES RECTOS TRABAJANDO COMO TURBINA PELTON

	PAGINA
TABLA No. 4-1 "Datos experimentales"	53

TABLA No. 4-2 "Datos calculados"	54
----------------------------------	----

BOMBA AUTOMOTRIZ DE ALABES CURVOS HACIA ADENTRO, TRABAJANDO COMO TURBINA FRANCIS.

TABLA No. 4-3 "Datos experimentales"	60
--------------------------------------	----

BOMBA STA RITE C-1 TRABAJANDO COMO TURBINA

TABLA No. 4-4 "Datos experimentales"	64
--------------------------------------	----

TABLA No. 4-5 "Datos teóricos y reales"	65
-----------------------------------------	----

BOMBA RED JACKET TRABAJANDO COMO TURBINA

TABLA No. 4-6 "Datos experimentales"	73
--------------------------------------	----

TABLA No. 4-7 "Potencia disponible"	74
-------------------------------------	----

TABLA No. 4-8 "Potencia al freno"	74
-----------------------------------	----

TABLA No. 4-9 "Potencia teórica en turbina"	75
---------------------------------------------	----

TABLA No. 4-10 "Potencia en generador"	75
----------------------------------------	----

TABLA No. 4-11 "Comparación y diferencia de potencias"	76
--------------------------------------------------------	----

CORRIENTE DE CARGA Y TIEMPO REQUERIDO PARA CARGAR LA BATERIA

TABLA No. 5-1 "Corriente de carga"	102
------------------------------------	-----

TABLA No. 5-2 "Peso específico y carga de la batería"	104
-------------------------------------------------------	-----

TABLA No. 5-3 "Proporción de ácido en agua"	105
---------------------------------------------	-----

INDICE DE FIGURAS

	PAGINA
CAPITULO No. 1	
DESCRIPCION GENERAL DEL PROCESO A SEGUIR EN LA PLANTA GENERADORA DE ENERGIA ELECTRICA.	
FIGURA No. 1-1 "Bomba centrífuga funcionamiento y partes"	4 y 5
FIGURA No. 1-2 "Partes principales del alternador"	8
FIGURA No. 1-3 "Partes principales del regulador"	9
FIGURA No. 1-4 "Reacción química del acumulador"	12
FIGURA No. 1-5 "Partes principales de la batería"	12
FIGURA No. 1-6 "Principio del galvanómetro"	13
FIGURA No. 1-7 "Medida de corriente y diferencia de potencial"	14
CAPITULO No. 2	
TRANSFORMACION DE LA BOMBA A TURBINA	
FIGURA No. 2-1 "Partes de una bomba centrífuga automotriz"	17
FIGURA No. 2-2 "Diagrama de velocidades a la entrada y la salida en turbina de alabes rectos"	20
FIGURA No. 2-3 "Evolución de la energía en turbina con rodete de alabes rectos"	21
FIGURA No. 2-4 "Estudio de circuitos de agua en turbina de alabes rectos"	23
FIGURA No. 2-5 "Partes principales de una turbina Francis"	26
FIGURA No. 2-6 "Comparación de alabes curvos"	27
FIGURA No. 2-7 "Velocidades del rodete en turbina de alabes curvos"	28
FIGURA No. 2-8 "Impulsor en agua en reposo y movimiento"	30
FIGURA No. 2-9 "Difusor en forma divergente"	31

FIGURA No. 2-10 "Altura geométrica del difusor"	33
FIGURA No. 2-11 "Cambio de presión, velocidad y caudal en tubería y turbina de alabes curvos"	35
FIGURA No. 2-12 "Rodete o impulsor semiabierto"	37
FIGURA No. 2-13 "Rodete o impulsor cerrado"	39
CAPITULO No. 3	
ENSAMBLE DE EQUIPO TURBOGENERADOR	
FIGURA No. 3-1 "Estructura y equipo turbogenerador incorporado"	41
FIGURA No. 3-2 "Dimensiones de la banda"	45
FIGURA No. 3-3 "Conexiones eléctricas"	46
FIGURA No. 3-4 "Localización de líneas eléctricas en alternador"	47
FIGURA No. 3-5 "Localización de líneas de entrada y salida del regulador"	47
FIGURA No. 3-6 "Amperímetro de automóvil"	50
CAPITULO No. 4	
PRUEBAS DE LABORATORIO PARA GENERAR 12 VOLTIOS	
FIGURA No. 4-1 "Diagrama de ensamble de bomba Sta. Rite C-1 trabajando como turbina"	63
FIGURA No. 4-2 "Ensamble de bomba Red Jacket utilizada como turbina"	72
CAPITULO No. 5	
MONTAJE Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA	
FIGURA No. 5-1 "Medida de caudal por recipiente"	84
FIGURA No. 5-2 "Medida de caudal por vertedero rectangular"	85
FIGURA No. 5-3 "Vertedero rectangular"	86
FIGURA No. 5-4 "Medida de caudal por vertedero triangular"	87

FIGURA No. 5-5 "Manómetro de Bourdon"	89
FIGURA No. 5-6 "Inspección de alternador"	92 - 94
FIGURA No. 5-7 "Inspección de la bomba turbina automotriz"	95 - 97
FIGURA No. 5-8 "Relación electrolita entre carga y descarga de batería"	101
FIGURA No. 5-9 "Gravedad específica Vrs. temperatura del electrolito"	103
FIGURA No. 5-10 "Voltaje de carga y descarga en acumulador"	106
CAPITULO No. 6	
OPERACION DE LA MICROCENTRAL HIDROELECTRICA	
FIGURA No. 6-1 "Ensamble de la microcentral" (fotografía)	108

ABREVIATURAS UTILIZADAS

A	Area.
C	Coefficiente de descarga.
Cr	Cromo,
$dA = \Delta A$	Diferencial de área.
$dZ = \Delta Z$	Diferencial de altura.
Eal	Eficiencia del alabe.
Ec	Energía cinética.
Ep	Energía potencial.
Et	Energía total.
Fem	Fuerza electromotriz.
G	Gravedad.
H	Altura de carga de agua.
Hr	Pérdidas de altura.
HR	Altura de recipiente.
Hs	Altura geométrica del tubo de desfogue,
Ht	Altura total.
KW	Kilowatt.
M	Masa de agua
Mo.	Molibdeno.
Ni	Níquel
Nsa	Velocidad angular de sincronismo.
P	Presión.

P_{abs}	Presión absoluta.
$P_{atm.}$	Presión atmosférica.
P_e	Potencia eléctrica.
P_f	Potencia al freno.
$P_h.$	Potencia hidráulica.
P_{rel}	Presión relativa.
P_{si}	libras / pulgada ² .
Q	Caudal.
Q_R	Caudal real.
Q_t	Caudal Teórico.
R	Resistencia.
R_a	Resistencia del amperímetro.
$R.p.m.$	Revoluciones por minuto.
R_v	Resistencia del voltímetro.
T	Tiempo.
U	Velocidad tangencial del alabe.
V	Velocidad.
V_r	Velocidad relativa del agua.
V_t	Velocidad tangencial del rodete.
W	Wats.
$^{\circ}C$	Grados Centígrados.
$^{\circ}F$	Grados Fahrenheit
\varnothing	Diámetro de sección transversal de tubería.
η_d	Rendimiento del tubo de desfogue.

GLOSARIO DE TERMINOS TECNICOS

ABRASIVIDAD: es el desgaste o frotamiento de una superficie.

AFORO: es medir la cantidad de agua que lleva una corriente en una unidad de tiempo.

ALABE: es la aleta, cuchara o paleta de una turbina o ventilador.

ALTERNADOR: máquina dinamoeléctrica, generadora de energía eléctrica, a partir de energía mecánica. El estator o inducido contiene tantas bobinas como polos el rotor.

AMPERIMETRO: aparato que sirve para medir la intensidad de una corriente eléctrica.

AMPERIO: unidad con que se mide la intensidad de las corrientes eléctricas.

BANDA (CORREA DE TRANSMISION): correa sin fin de cuero u otro material flexible que transmite potencia de un eje a otro mediante el desplazamiento sobre poleas planas, convexas o ranuradas. Las correas pueden ser planas, trapeziales o acanaladas para acoplarse sobre la polea correspondiente de forma apropiada.

BATERIA (ACUMULADOR): sistema electroquímico capaz de almacenar energía y de cederla posteriormente.

BOMBA CENTRIFUGA: consiste en uno o más difusores equipados con alabes, montados sobre un eje rotativo y encerrados en una envoltura. El líquido es aspirado hacia los centros de los impulsores rotativos y fluye radialmente por la acción de la fuerza centrífuga; la energía cinética resultante se convierte en energía a presión en el difusor.

CAUDAL: es el volumen de un fluido por unidad de tiempo que pasa a través de una sección transversal a la corriente.

CARACOL: polea acanalada en forma de espiral cuyo diámetro aumenta gradualmente.

CAVITACION: fenómeno que consiste en la formación de burbujas de vapor en la parte posterior de un cuerpo que se desplaza en el seno de un líquido. Básicamente la cavitación se da en la tubería de admisión de la microcentral.

CEBAR: es la operación mediante la cual se llena la admisión de una bomba con fluido para expulsar así el aire.

COJINETE (rodamiento de 360° cilindro de hierro fundido): es el rodamiento compuesto de un eje de varias bolas de acero endurecido que giran entre un anillo interior clavado en el eje y un anillo exterior sujeto a un soporte; estas bolas se mueven en ranuras poco profundas llamadas ranuras guía.

CORROSION: erosión debida a agentes químicos, ataque superficial de un metal por los agentes atmosféricos.

DIFUSOR: es un recuperador de energía que por su forma divergente produce una desaceleración del agua que sale de la turbina, y convierte la energía cinética en energía de presión.

DISTRIBUIDOR: mecanismo que regula el reparto del fluido en varias direcciones.

EJE: Varilla o pasador de metal delgado que gira sobre rodamientos por medio de poleas, ruedas dentadas etc., y que transmite potencia.

ELECTROLITO: sustancia que disuelta en agua hace que la disolución sea conductora de la electricidad.

ENERGIA: es la capacidad de un cuerpo para producir trabajo.

ENERGIA CINETICA: es la energía de un cuerpo debido a su movimiento.

ENERGIA POTENCIAL (HIDRAULICA): es la energía de un cuerpo en virtud de su posición con masa m y altura h .

ENERGIA ELECTRICA: es la energía obtenida por generador, siendo el generador el que transforma la energía mecánica suministrada por la turbina.

ENERGIA MECANICA: es la energía obtenida, por la turbina, la cual transforma la energía hidráulica suministrada por la caída de agua.

EROSION: es la acción de desgastar mediante fuerzas de rozamiento que incluyen agua o la acción de gases calientes de flujo rápido.

ESCOBILLA: pieza conductora destinada a hacer contacto con una superficie en movimiento.

ESTATOR: parte fija de la máquina en los motores y alternadores eléctricos, en cuyo interior gira el rotor.

ESTROBOSCOPIO: aparato rotativo, por el que se hace pasar rápidamente ante la vista un conjunto de imágenes que representan las fases principales de un movimiento.

FATIGA: es el proceso que produce la rotura de metales (u otros materiales), debido a la acción repetida de un ciclo de tensión media, de la amplitud de tensión y del número de ciclos.

GRAVEDAD: aceleración de caída de los cuerpos en la superficie terrestre; su valor disminuye a medida que aumenta la altura.

HIDROMETRO: instrumento que sirve para medir el caudal, la velocidad o la presión de los líquidos en movimiento.

IMPULSOR: es la parte giratoria de una bomba centrífuga que es la que proporciona energía cinética al fluido.

INDUCTOR: dispositivo o circuito que crea un campo magnético a su alrededor y bajo cuya influencia está el inducido.

KILOVATIOS (kW): unidad de potencia equivalente a 1000 vatios. (wats).

MANOMETRO DE BOURDON: tubo de metal de sección ovalada y aplastada, que puede ser doblado, cuyo extremo libre permanece cerrado a la presión mientras que el extremo fijo permanece abierto. La presión tiende a enderezar el tubo y el movimiento queda registrado sobre un dial.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO: este tipo de mantenimiento sirve para prevenir posibles fallas del equipo, mediante revisiones periódicas, y para poder detectar alguna falla antes de que suceda.

MICROCENTRAL HIDROELECTRICA: conjunto de elementos, que al trabajar unidos, transforman la energía hidráulica en energía eléctrica eficientemente. Según sistema propuesto por Olade, para la región Latino América y el Caribe: Rango para una Microcentral potencia menor de 50 kW, Minicentral potencia entre 50 y 500 Kw, y pequeña Central potencia entre 500 y 5000 Kw.

NEUTRO: es el conductor cuya carga eléctrica es nula.

PERIODO DE GASIFICACION: se debe reducir el régimen de carga, cuando el acumulador empieza a gasificar para evitar el desperdicio de la energía y la erosión de las placas.

POLEA: es una rueda situada sobre un eje, con un aro combado para arrastrar una correa sin fin, o ranurada por una soga, una correa en V o una cadena.

POTENCIA: es la capacidad para hacer trabajo.

POTENCIA ELECTRICA: es la que se obtiene multiplicando el voltaje por los amperios que pasan por un alambre conductor.

POTENCIA MECANICA: es el conjunto de la energía potencial (de altura) y cinética (de velocidad) que posee un cuerpo.

PRESION: fuerza que ejerce un cuerpo sobre cada unidad de superficie.

PRESION ABSOLUTA: es la suma de las presiones relativa y atmosférica.

PRESION ATMOSFERICA: es la fuerza que el aire ejerce sobre los cuerpos que se hallan en el seno de la atmósfera, y que se mide con el barómetro:

PRESION RELATIVA (MANOMETRICA): es la diferencia de presiones entre las dos columnas de un manómetro; la real y la atmosférica.

REGULADOR: es un dispositivo que pretende mantener constante una magnitud física, por ejemplo, una velocidad, una presión, una corriente eléctrica etc. Es utilizado para mantener el voltaje y la corriente dentro de ciertos límites.

RELE: es un dispositivo que suministra energía adicional. Por ejemplo más presión, o más energía eléctrica.

RODETE: rueda hidráulica con paletas planas; rotor de una turbina.

ROTOR: es la parte giratoria de una turbina que comprime el disco y su línea de las paletas.

TENSION: estado producido en un cuerpo por fuerzas exteriores e interiores; se manifiesta por una separación o un acercamiento entre dos puntos del cuerpo que originalmente estaban a una distancia equidistante. Es importante observar la tensión existente en la faja tipo v que se utiliza en la transmisión de potencia mecánica de turbina a potencia eléctrica de alternador.

TOBERA: elemento de paso de un fluido hacia el espacio atmosférico.

TURBINA: es una unidad rotatoria accionada por el impacto o la reacción de una corriente de aire, agua, gases calientes o vapor sobre alabes. La turbina puede estar fijada horizontal o verticalmente.

TURBINA FRANCIS: es una turbina a reacción en la que el agua fluye radialmente hacia adentro, hacia el interior de las paletas guías, de las que emerge axialmente. Se utiliza para alturas de 70 a 500 metros.

TURBINA PELTON: es una turbina de impulso, donde toda la energía disponible en el flujo se convierte en energía cinética a presión atmosférica mediante una boquilla (tobera), antes de que el fluido entre en contacto con los alabes móviles.

TUBO DE DESFOGUE: (ver difusor).

VATIO: unidad de potencia eléctrica. (watt).

VERTEDERO: es una pared que intercepta el paso de agua, y se emplea para controlar niveles o para medir caudales.

VERTEDERO RECTANGULAR: es el más antiguo y el más común; posee una cresta horizontal, a partir de la cual se forma una lámina vertiente que se contrae tanto para arriba como para abajo.

VERTEDERO TRIANGULAR: este ofrece un rango mayor por su forma, puesto que la abertura más pequeña de la V puede alojar flujos pequeños y la porción más amplia permite flujos mayores, por lo que es útil en la medición de caudales pequeños.

VOLTIMETRO: instrumento que se utiliza para medir diferencias de potencial entre dos puntos de un circuito eléctrico.

VOLTIO: diferencia de potencial entre dos puntos de un campo eléctrico, tal que para llevar un culombio de un lado a otro, es necesario realizar un trabajo igual a un Julio.

INTRODUCCION

Con esta investigación, se pretende compara y comprobar hasta dónde es posible utilizar para una microcentral una bomba centrífuga tipo automotriz como turbina y una bomba centrífuga de uso industrial y doméstico como turbina.

Se realizaron dos pruebas con bomba centrífuga automotriz, una prueba con bomba de alabes rectos y la otra prueba con bomba de alabes curvos, mientras que con bomba centrífuga de uso industrial y doméstico, se hicieron dos pruebas; se utilizó parra el efecto bomba Sta. Rite C-1 de ½ a 2 HP de potencia, y la otra prueba con bomba Red Jacket de 3 a 5 HP de potencia.

Al realizar las pruebas de laboratorio se compararon los resultados obtenidos con cada una de las bombas transformadas a turbina. (todas fueron ensayadas bajo las mismas condiciones). Esta comparación es necesaria para obtener información y evaluar la posibilidad de desarrollar una nueva tecnología en nuestro país, que por su geografía, contiene numerosos ríos con caídas de agua que podrían aprovecharse.

El funcionamiento de la microcentral es el siguiente:

Una caída de agua transmite energía hidráulica a la bomba transformada a turbina; esta transforma la energía hidráulica en energía mecánica; esta energía da movimiento al eje de un alternador utilizando los medios de transmisión necesarios.

El alternador automotriz transforma la energía mecánica en energía eléctrica, la cual es almacenada en un acumulador o batería de 12 voltios, y es necesario utilizar un regulador automotriz para mantener el voltaje constante.

CAPITULO No. 1

GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1 DESCRIPCION GENERAL DEL PROCESO A SEGUIR EN LA PLANTA GENERADORA DE ENERGIA ELECTRICA

El aprovechamiento de energía hidráulica de pequeños ríos puede hacerse por medio de un equipo sencillo y económico: una bomba centrífuga como turbina hidráulica que transforma la energía hidráulica en energía mecánica, un alternador automotriz que transforma la energía mecánica en energía eléctrica.

El proceso es el siguiente: una caída de agua produce energía hidráulica, la cual se aprovecha encauzando el caudal de la caída hacia una tubería simple que se acopla directamente a la bomba turbina y monta antes de la entrada de ésta, un manómetro que servirá para medir la presión de agua que alimenta la turbina.

La turbina transforma la energía hidráulica en energía mecánica mediante el impulso que por acción de agua reciben los alabes del rodete, el cual a su vez está montado sobre el eje de la turbina; sobre este mismo eje está montada una polea, que transmite el movimiento por medio de una faja a la polea del generador que está montada sobre el eje de este. En el caso de tratarse de un generador tipo alternador, éste transforma la energía mecánica en energía eléctrica, ésta se produce al girar el rotor (montado sobre el eje del alternador) que al recibir energía eléctrica de la batería por medio del regulador, se produce un campo magnético que al girar, induce en las espiras del estator una corriente alterna. Además de esto, se cuenta con una batería de 12 voltios que funciona como acumulador de electricidad la cual es cargada por la energía eléctrica del generador. el voltaje de la energía es controlado por un regulador manteniendo cargada la batería.

Entre las conexiones del regulador y la batería, deben ir colocados un voltímetro y un amperímetro para verificar voltaje y corriente respectivamente, teniendo cuidado de conectar en paralelo el voltímetro y en serie el amperímetro; de la batería, se conecta directamente al o los circuitos domiciliarios de carga.

1.2 DESCRIPCION GENERAL DEL EQUIPO A USAR

El equipo a usar es el que sigue:

1.2.1 BOMBA TURBINA CENTRIFUGA

El tipo de bomba que se va a utilizar es una bomba centrífuga, que es una máquina que contiene un conjunto de poleas (alabes) rotatorias, encerradas dentro una caja; las paletas imparten energía al eje que acopla a una polea y mueve al generador. Así sencillamente, una bomba centrífuga consta de dos partes principales: a) un elemento rotatorio incluyendo un impulsor y un eje; y b) un elemento estacionario, compuesto por una cubierta, estopero y cojinetes (antifricción y/o chumaceras). Los materiales más adecuados para la fabricación de bombas centrífugas se seleccionan de acuerdo con los servicios y naturaleza del líquido que se va a manejar. Dentro de las condiciones de servicio que determinan el material que se usará en la fabricación de bombas, están:

- a) Resistencia a la corrosión.
- b) Abrasividad de los sólidos suspendidos.
- c) Acción electroquímica.
- d) Temperatura de bombeo.
- e) Carga hidráulica por escalonamiento (afecta tanto a la velocidad periférica del impulsor como a las velocidades del líquido en las vías del agua).
- f) Presión de operación.

- g) Adaptabilidad del material para las propiedades estructurales particulares.
- h) Factor de carga y vida esperada.

Los materiales más adecuados para la cubierta son los tipos de hierro fundido, específicamente el hierro colado que se usa en la mayoría de las construcciones de las cubiertas; pero tiene desventajas por su baja resistencia a la tensión. Como no es aconsejable usarlo para presiones altas y temperaturas altas, es recomendable emplear mejores materiales como los aceros.

El bronce se usa también en la construcción de cubiertas, cuando no se desea tener contaminación con el agua o cuando el líquido manejado sea ligeramente ácido.

Entre los materiales para los impulsores, el bronce es el material preferido para mantener líquidos normales, por las siguientes razones:

- a) Es más fácil de maquinar.
- b) Produce superficies más lisas.
- c) Es más fácil de fundir para secciones de modelos complicados.
- d) No se oxida.

Las bombas que manejan agua que contiene arena pueden usar impulsores de bronce, hierro colado, ferroníquel, fundido y aún, aceros al Cromo, y dependen del contenido de arena, su grado de abrasión y el carácter del agua. Los anillos de desgaste generalmente son de acero, y varían su contenido de carbono según la resistencia que necesite.

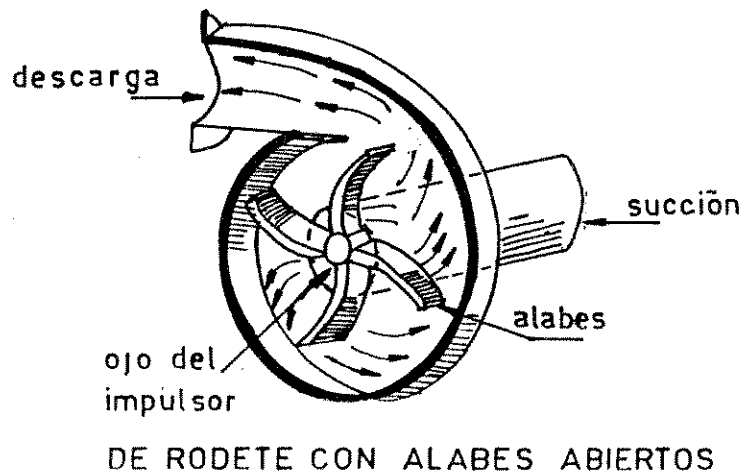
El acero inoxidable se usa en aquellos casos en que se requiere un metal anticorrosivo o también bronce fosforado.

Los prensa estopas generalmente están fabricados de bronce, aunque el hierro fundido o el acero pueden emplearse en las bombas equipadas totalmente de hierro.

Los materiales usados como empaques pueden ser diversos, pero los más usados son:

- a) Empaque de asbesto: es comparativamente suave y aconsejable para agua fría y agua a temperatura no muy elevada. Es el más usado en forma de anillos de asbesto grafitado.
- b) Empaques de mezclas de fibras de asbesto y plomo: para presiones altas, también puede ser de fibras de asbesto y plomo, o bien, plásticos con plomo, cobre o aluminio; pero estos empaques se usan más para líquidos diferentes del agua, en procesos industriales, químicos o de refinación. El asbesto y el plomo son contaminantes; en lo posible es mejor evitar su uso.
- c) Empaques de fibras sintéticas: los cuales pueden ser como el teflón, que dan excelentes resultados especialmente para sustancias químicas, y por su bajo coeficiente de fricción.

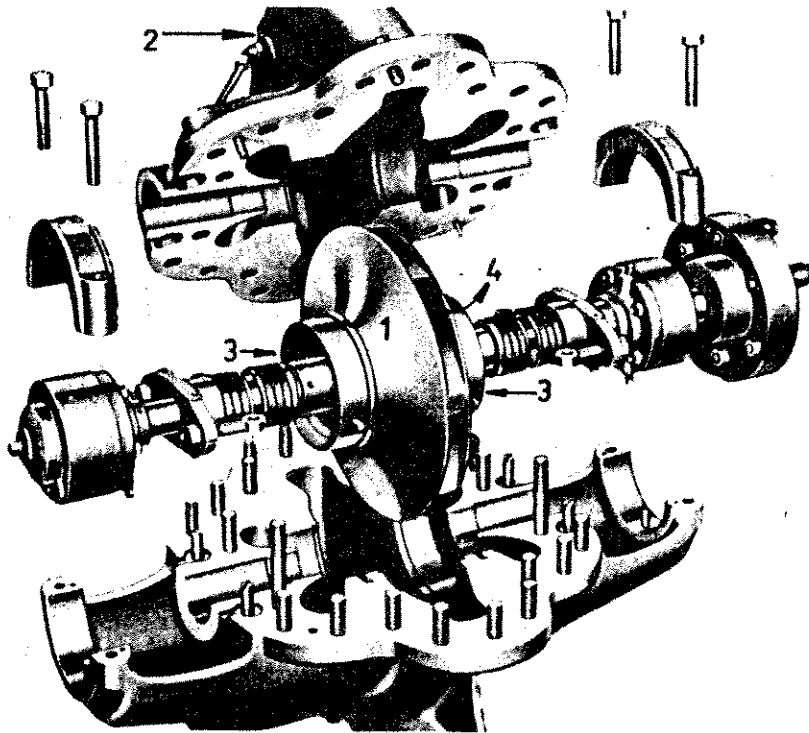
FIGURA No. 1.1
BOMBA CENTRIFUGA
FUNCIONAMIENTO Y PARTES



El impulsor de una bomba centrífuga descarga el líquido a una velocidad alta. Una función de la cubierta de la bomba es reducir esta velocidad y convertir la energía cinética en energía de presión, ya sea mediante una voluta o por un conjunto de alabes difusores.

FIGURA No. 1.1 (CONTINUACIÓN)

DE RODETE CERRADO



COMPONENTES DE UNA BOMBA CENTRIFUGA DE UNA SOLA ETAPA CON IMPULSOR DE DOBLE SUCCION

1	Rodete
2	Carcasa
3	Succión
4	Descarga

Bombas centrifugas, tesis: Jesús Guerra.
Consideraciones sobre..., tesis: Joaquín Rivas.

1.2.2 GENERADOR AUTOMOTRIZ

Para la prueba de generación de electricidad, se utilizó un generador tipo alternador que es el que se encarga de producir energía eléctrica para recargar la batería auxiliar en la alimentación de todos los circuitos eléctricos del automóvil. Es un tipo de máquina rotativa pequeña que genera corriente alterna, la cual es rectificadora por un conjunto de diodos para producir energía eléctrica continua.

Los alternadores están integrados por las siguientes partes:

- a) Sistema inductor.
- b) Sistema inducido.
- c) sistema de rectificación.
- d) Sistema de arrastre.

Todas las piezas del alternador están hechas para soportar un servicio superpesado como calor, aceite, agua, velocidades variables del motor, golpes, polvo y aceleraciones bruscas.

- a) Sistema inductor: este sistema está compuesto por el rotor y las escobillas, el rotor consta de un eje de acero, sobre el que van las piezas polares (fundidas en hierro dulce), la bobina de campo (hecha con alambre de cobre) montada sobre un carrete aislador.

Los anillos rozantes de bronce van aislados del eje entre si.

Las escobillas están compuestas de una pastilla de grafito y su conexión flexible.

- b) Sistema inducido: Está compuesto por un arreglo de hierro al silicio laminado, con ranuras en su interior, las bobinas de alambre de cobre aislado y montadas en las ranuras del arreglo; éste puede ser trifásico, en arreglos delta o estrella según el tipo.
- c) Sistema de rectificación: Está compuesto por seis rectificadores de silicio (diodos) de los cuales, tres son positivos y tres son negativos; para formar un rectificador de onda completa, van montados sobre piezas de aluminio que disipan el calor.

d) Sistema de arrastre: está compuesto por polea, cuña, arandela de presión y tuerca de fijación. Este conjunto permite acoplar el alternador con el motor del automóvil, mediante una correa.

Las tapaderas son dos, hechas de aluminio y/o antimonio, cada una de ellas aloja un cojinete para apoyo del rotor.

En el lado de la polea, el cojinete es de servicio pesado.

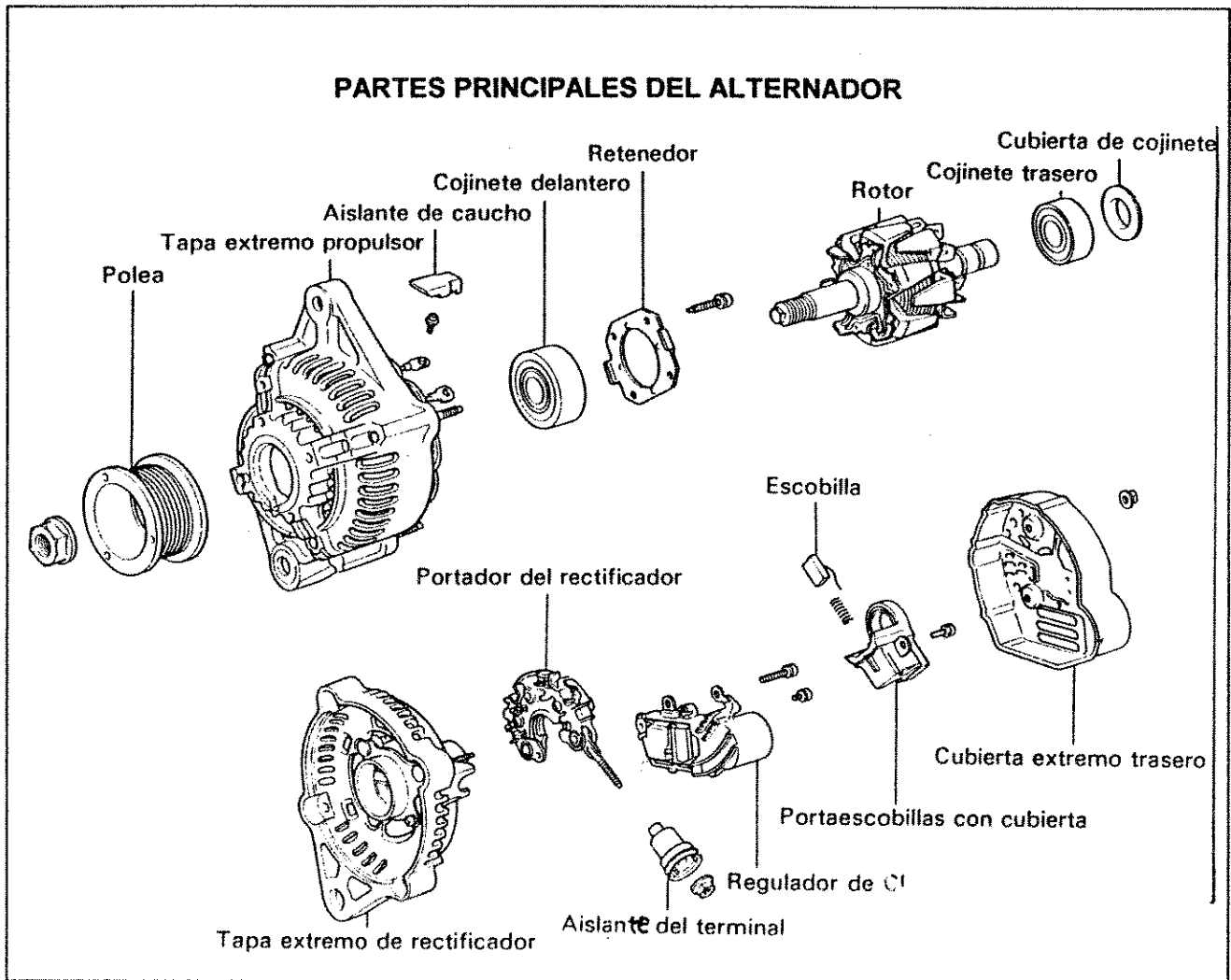
En una de las tapaderas, se fijan los porta escobillas.

Las ventajas del alternador es que permite cargar la batería con suficiente amplitud en todas las velocidades del motor, incluso en marchas lentas. El rozamiento de las escobillas sobre los anillos es seguro y duradero, ya que éstas trabajan con una pequeña corriente y frotan en una superficie lisa.

Características principales del alternador:

- a) Menor peso y volumen.
- b) Aguantan más R.P.M. (14 -15 mil R.P.M.).
- c) Tienen menos piezas sujetas a daños.
- d) Tienen mayor capacidad de carga a bajas R.P.M.
- e) Mayor vida útil.
- f) Menor mantenimiento.
- g) Fueron introducidos en los años 60's.

FIGURA No. 1-2



Manual de reparaciones Toyota.

1.2.3 REGULADOR DE VOLTAJE

El regulador de voltaje se encarga de mantener un voltaje y una corriente dentro de ciertos límites, de tal manera que no se quemen los circuitos eléctricos. También es el dispositivo que se necesita cuando en la batería varía la carga. El regulador para alternadores está constituido por dos dispositivos electromecánicos, (relés) platinos y resistencias ubicados en una caja de

metal. En los relés, uno es para protección y el otro es para el voltaje; la corriente en el alternador es autoregurable.

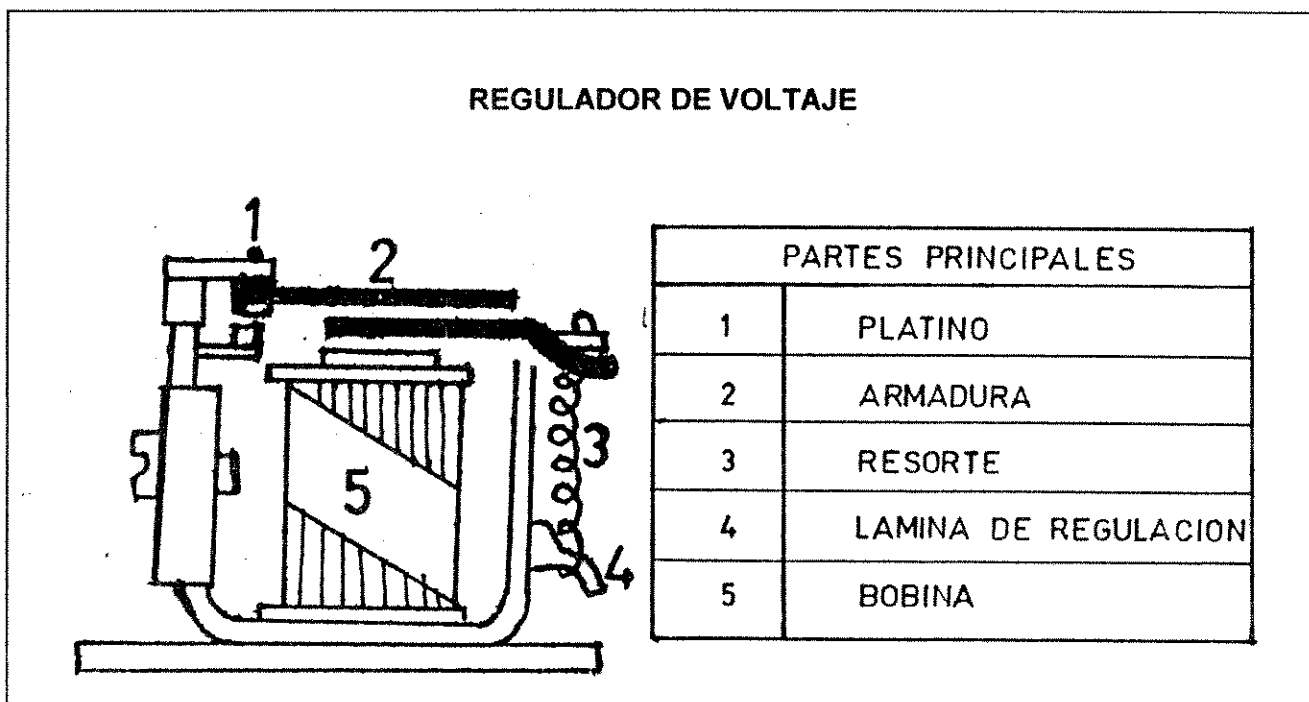
La caja está formada por una base metálica sobre la que se montan los componentes del regulador, cubiertos por una tapa que protege los distintos elementos de la humedad, el polvo y las emanaciones del motor.

Electroimanes: cada electroimán está formado por un núcleo y una armadura móvil de hierro, sobre el núcleo se colocan los arrollamientos.

Platinos: son dos por cada electroimán.

Resistencias: éstas son de alambre especial, arrollado sobre forma especial de porcelana o mica.

FIGURA No. 1-3



1.2.4 BATERIA AUTOMOTRIZ

En una pila o acumulador, la energía química se convierte en energía eléctrica. Estrictamente, la batería es el conjunto de pilas o celdas pero a veces a un solo elemento se le llama batería. Una pila utiliza la diferencia de potencial que existe entre elementos distintos en un electrólito; existe una fem que tiende a hacer circular una corriente por el interior de la pila, desde el polo positivo que es el más altamente electropositivo, hasta el polo negativo. Los polos o electrodos de una pila constituyen su unión con el circuito externo.

La batería está compuesta por celdas o acumuladores; cada una de éstas aporta un promedio de dos voltios y se acoplan en serie para obtener el voltaje deseado, y son tres celdas para una batería de 12 voltios, instaladas en una placa de plomo sólido, en forma de rejilla y los cuadros rellenos con una masa de plomo.

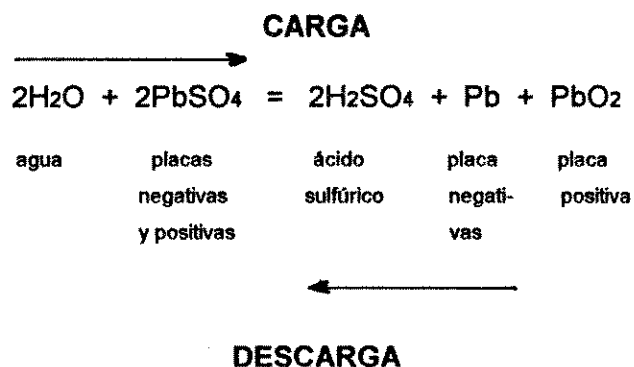
En la caja, se encuentran las celdas que contienen las placas de dióxido de plomo (PbO_2) de color marrón (+) y plomo (Pb) de color gris (-) unidas cada grupo por puentes de conexión, entre ellas se ponen separadores porosos que aíslan para impedir que se toquen.

Durante la descarga, se forma agua y durante la carga se forma ácido sulfúrico, por tanto la densidad del electrolito se reduce con la descarga y aumenta con la carga. en los acumuladores para arranque de máquinas y para vehículos la densidad del electrolito debe ser entre 1.280 y 1.300 con plena carga, o de 1.100 cuando el acumulador está totalmente descargado. el estado de carga de un acumulador se determina con la densidad del electrolito.

Funcionamiento de las baterías de plomo - plomo ácido: el agua H_2O contiene dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, el ácido sulfúrico H_2SO_4 , contiene dos átomos de hidrógeno, uno de azufre y cuatro de oxígeno.

Estando la batería descargada, a las placas positivas y negativas están adheridas los átomos de ácido separados del agua al proporcionarle carga la reacción es a la inversa los átomos de ácido

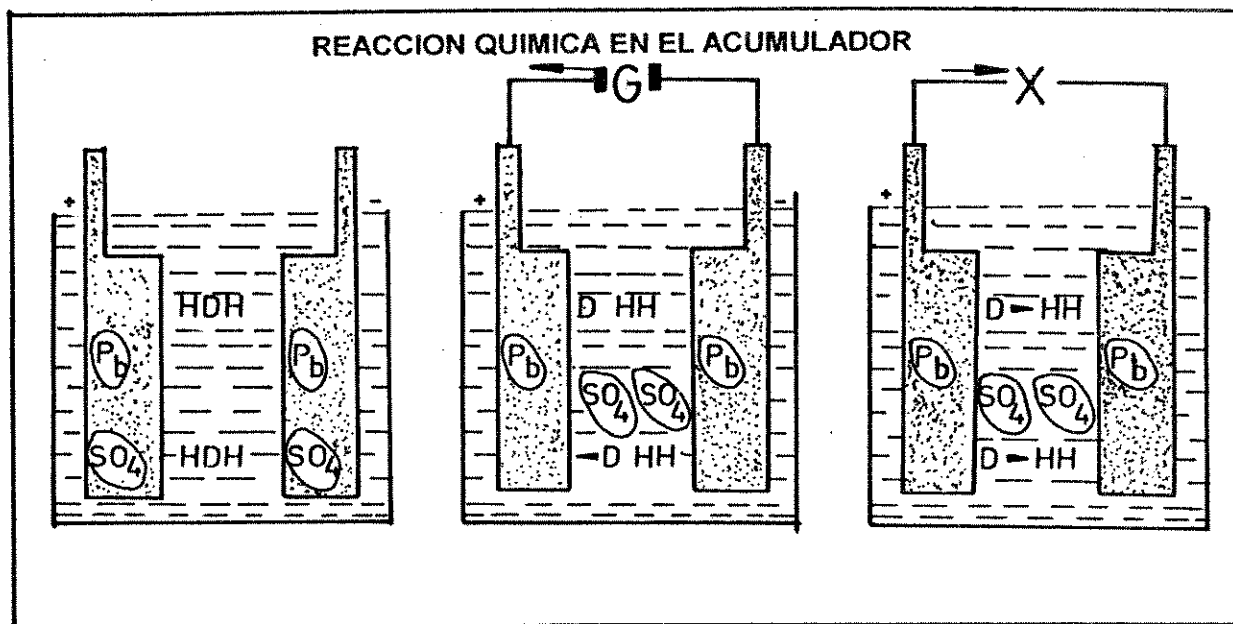
tienden a mezclarse con los del agua, dejando a la placa positiva con sus dos átomos de oxígeno (PbO₂). Las reacciones químicas en una celda de acumulador de plomo-ácido pueden expresarse con la siguiente ecuación basándose en la teoría de la doble sulfatación.



Entre los límites de carga y descarga completa, se forman combinaciones complejas de plomo y sulfato insoluble duro, que sólo puede eliminarse, aunque no en todos los casos, con la carga muy lenta. La sulfatación es perjudicial para el acumulador y debe evitarse.

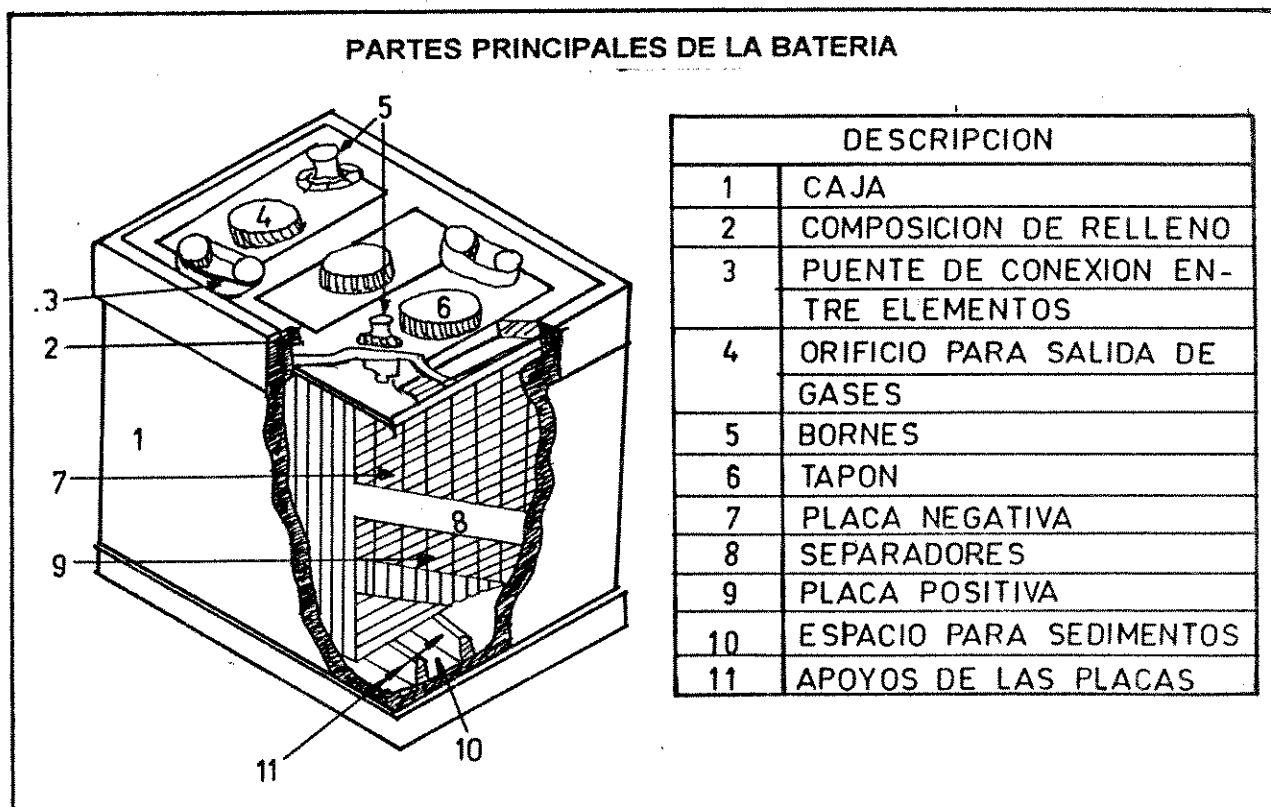
Si el circuito externo está cerrado, la corriente circula desde la batería y sale de ellas por el electrodo positivo o cátodo y vuelve a entrar por el electrodo negativo o ánodo. En un acumulador, los procesos electroquímicos son reversibles en alto grado y las partes que producen la reacción química pueden restaurarse después de la descarga parcial o total al invertir el sentido de la corriente dentro del acumulador.

FIGURA No. 1-4



Manual Intecap

FIGURA NO. 1-5



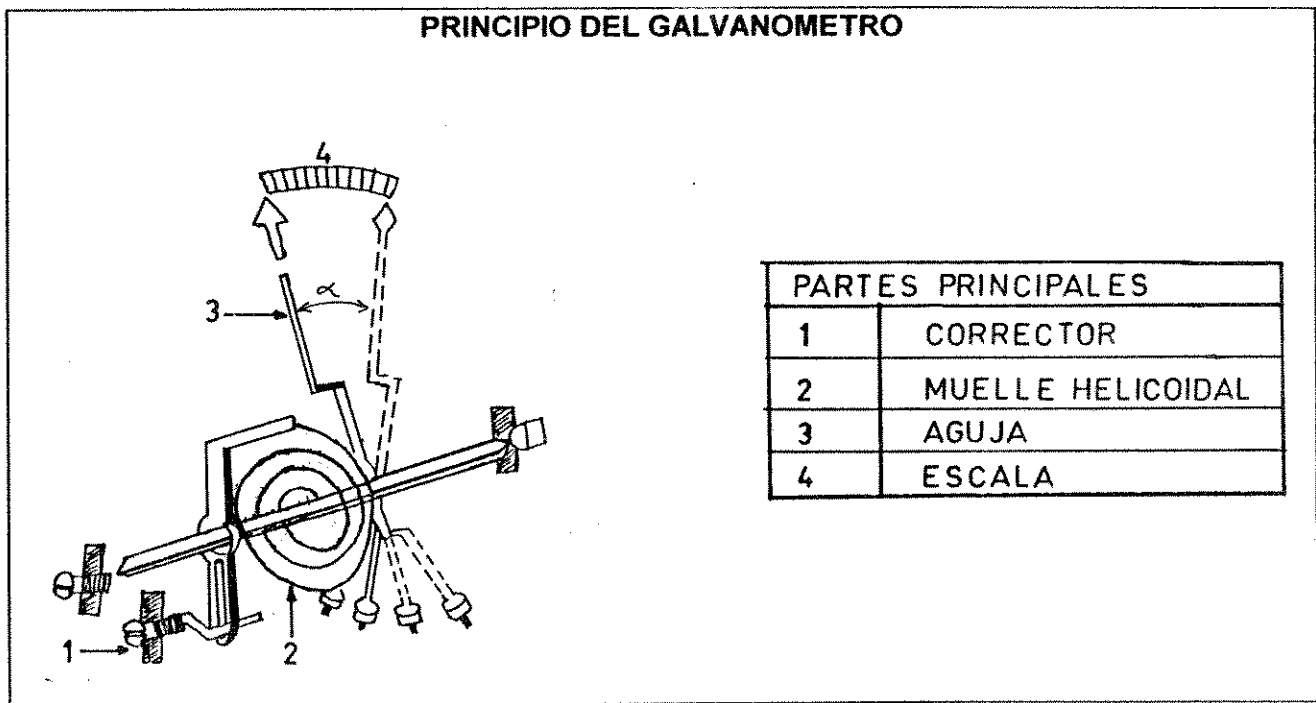
Manual Intecap

1.2.5 VOLTÍMETRO DE CORRIENTE CONTINUA

Previamente se da una explicación del principio del funcionamiento de los aparatos de medida, que es como sigue: la corriente eléctrica pasando a través del aparato, provoca el momento de rotación con el cual se vence la resistencia de los muelles helicoidales, y la parte móvil gira un ángulo. Es en este momento cuando la aguja se traslada en la escala e indica el valor que se mide; cuando se desconecta el aparato, el momento rotacional desaparece y la parte móvil retorna por la elasticidad de los muelles a su posición original. En la figura No. 1-6, se muestra la estructura de la parte móvil de un aparato eléctrico de medida.

FIGURA No. 1-6

PRINCIPIO DEL GALVANOMETRO



Electrotecnia con fundamentos...

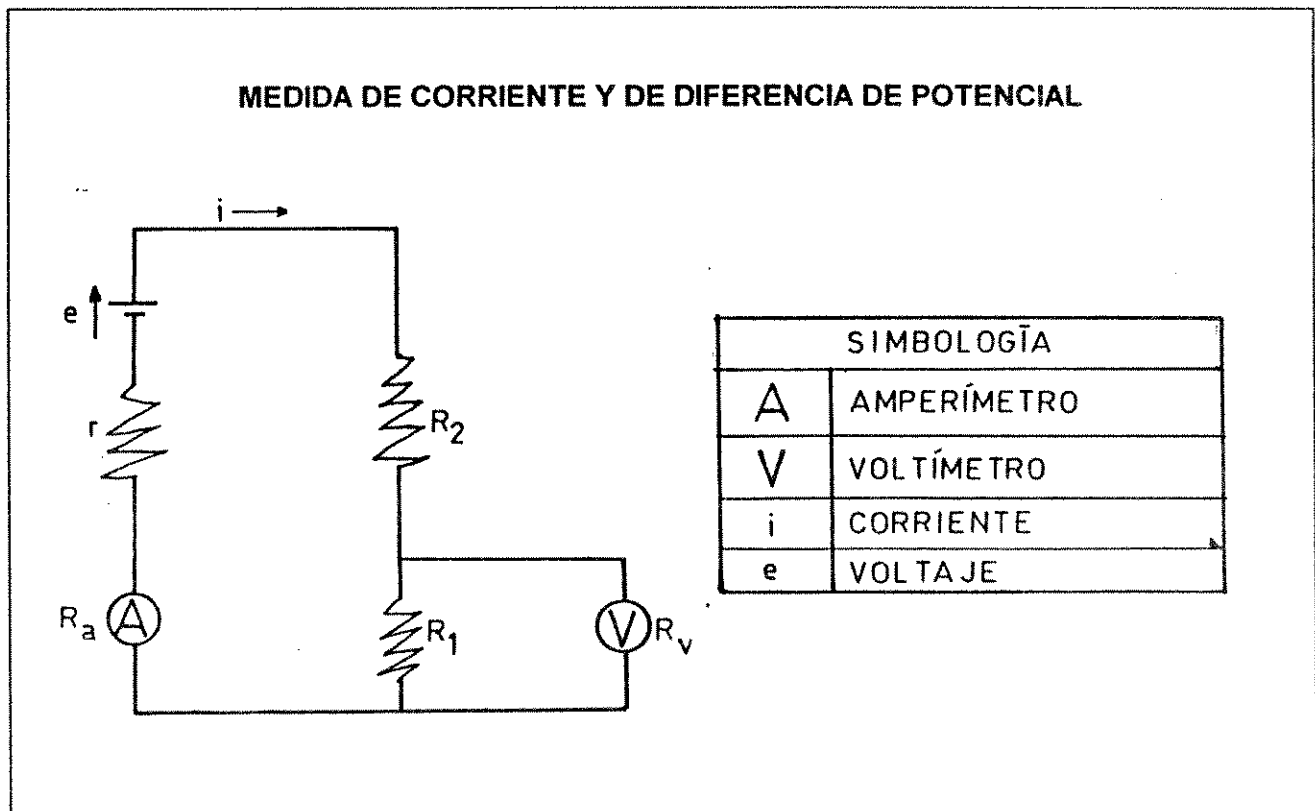
El voltímetro es un medidor de diferencia de potencial eléctrico, para determinar la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos del circuito debe conectarse cada una de las terminales del voltímetro en paralelo con los puntos en cuestión. (ver figura No. 1-7); una característica principal del voltímetro es que su resistencia R debe ser grande comparada con cualquiera de las resistencias a través de las cuales se conecta el voltímetro; de no ser así, el voltímetro

formará parte del circuito y llegará a alterar la corriente y la diferencia de potencial que se desee medir. Un voltímetro ideal debería tener una resistencia infinita $R_v \gg R_1$.

1.2.6 AMPERÍMETRO DE CORRIENTE CONTINUA

El amperímetro es un medidor de corriente eléctrica; para determinar la corriente, es necesario que el amperímetro esté conectado en serie con el alambre, de manera que la corriente que se quiere medir pase a través del medidor. (figura No. 1-7). Una característica principal del amperímetro es que su resistencia R_a sea pequeña, comparada con las demás resistencias del circuito; de no ser así, la resistencia del medidor cambiaría la corriente que se quiere medir. Un amperímetro ideal tendría una resistencia igual a cero. En el circuito suponiendo que no esté conectado el voltímetro, la resistencia sería: $R_a \ll r + R_1 + R_2$.

FIGURA No. 1-7



1.2.7 MATERIALES EN GENERAL

- a) Tubería para conducción de caudal.
- b) Accesorios para tubería.
- c) Hierro angular para la estructura soporte.
- d) Alambre de diferentes calibres para realizar las conexiones eléctricas.
- e) Faja en V para transmitir la energía mecánica desde la polea de la bomba-turbina hasta la polea del alternador o generador.
- f) Bombillos o focos de 12 voltios para circuitos de iluminación.
- g) Terminales para conexión en batería.

CAPITULO NO. 2

TRANSFORMACION DE BOMBA A TURBINA

2.1 IDENTIFICACION DEL TIPO Y PARTES DE LA BOMBA A UTILIZAR

La bomba centrífuga, al igual que cualquier otra bomba, sirve para producir una ganancia en la carga estática de un fluido, imprimir una energía a un fluido procedente de una energía mecánica.

En este tipo de bombas, el líquido es forzado a entrar por la presión atmosférica u otra presión, a un conjunto de aspas o alabes rotatorios que constituyen un impulsor que descarga el líquido a una presión superior u a una velocidad más alta en su periferia. La mayor parte de la energía de velocidad es convertida en energía de presión por medio de una voluta que rodea la periferia del impulsor.

Según clasificación de bombas, la bomba centrífuga puede ser dinámica de flujo radial, axial o mixto; de simple o doble succión. El paso del agua puede ser de un solo paso o de múltiples pasos; respecto al tipo de impulsor éste puede ser impulsor abierto, semiabierto o cerrado. para echarlas a andar, existen del tipo autocebante, así como también cebadas por el medio externo.

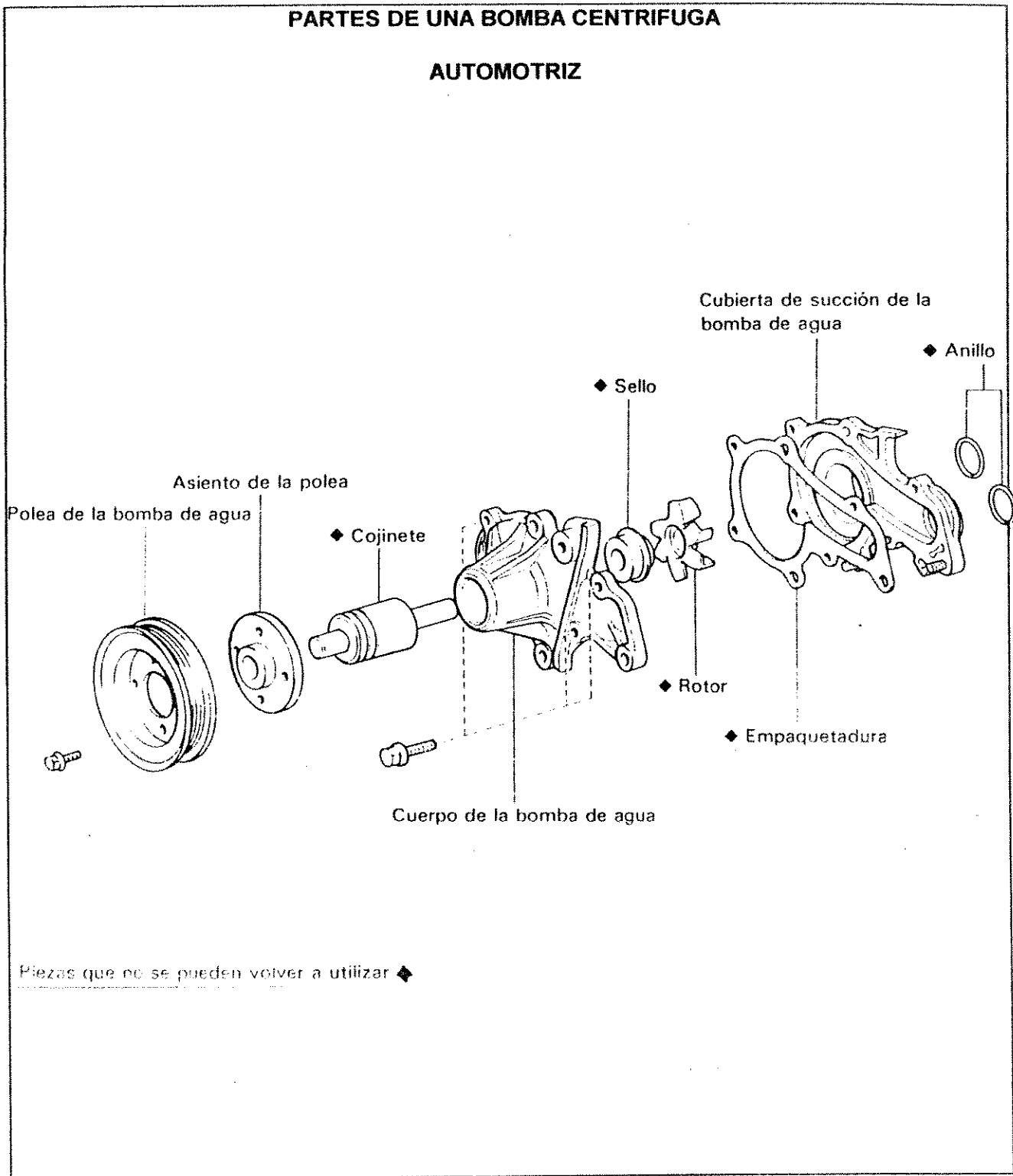
Se realizaron 4 pruebas de laboratorio; 2 pruebas que utilizan bomba de agua del tipo automotriz y 2 pruebas que utilizan bomba centrífuga de uso domiciliario e industrial.

Los componentes de la bomba de agua utilizada en el laboratorio son: empaquetadura; en la figura No. 2-1 se muestran las partes de una bomba centrífuga.

FIGURA No. 2-1

PARTES DE UNA BOMBA CENTRIFUGA

AUTOMOTRIZ



Para la primera prueba de laboratorio, utilizando bomba de agua automotriz, se utilizó una bomba con rodete de alabes rectos, y para la segunda se utilizó una bomba con rodete de alabes curvos hacia adelante. Con estas pruebas, se verificó hasta dónde es factible obtener energía eléctrica utilizando la bomba como turbina mediante algunas variaciones en su estructura. Así pues, se trató de semejar la bomba de alabes rectos a una turbina Pelton, igualmente con la bomba de alabes curvos se trató de semejarla a una turbina Francis; se utilizó para ello la teoría que ya existe acerca del funcionamiento y partes de que consta dicha turbina.

2.2 BOMBA CENTRIFUGA AUTOMOTRIZ

2.2.1 BOMBA DE ALABES RECTOS.

2.2.1.1 ESTUDIO DE COMPONENTES

2.2.1.1.1 ESTUDIO DE ALABES.

Un tipo de bomba centrífuga para llevar a cabo este trabajo es la bomba automotriz de alabes rectos para transformarla en turbina de impulso o de acción; se aprovechó solamente la energía cinética del agua, sin cambios de presión entre la entrada y la salida de la máquina. En otras palabras, se modificó la bomba bajo los principios de una turbina Pelton; en dicha turbina la energía cinética del agua en forma de chorro libre, se genera en una tobera colocada al final de una tubería de presión.

Los rodetes con alabes rectos deben ser de un material resistente a la fatiga, corrosión y erosión. Si las condiciones del trabajo son moderadas, se puede usar la fundición grafiticolaminar ahora si las condiciones son más drásticas se deben hacer de acero al carbono con aleación de níquel (0.7 al 1%) y molibdeno (0.3%), o de aceros con 13% de cromo y aceros austenoferríticos (20%, Ni 8% y Mob. 3%) que tienen una resistencia extraordinaria a la cavitación y abrasión.

En teoría las turbinas Pelton, el número de alabes varía de 17 a 26 por rueda, y depende de la velocidad específica de la turbina, para N_s alta el número de alabes es menor. En el caso de la bomba - turbina utilizada, ésta tiene 7 alabes, número inferior al número de alabes requeridos para una turbina Pelton. Otra diferencia importante es la forma de los alabes, puesto que los de una turbina Pelton tienen la forma de doble cuchara con una arista en medio, donde se produce el ataque del chorro, sin embargo, al utilizar alabes rectos con el chorro de agua incidiendo tangencialmente en la periferia del alabe, se pretende que la velocidad del agua en el alabe tenga la configuración mostrada en la figura No. 2-2. utilizando una tobera, es necesario colocar ésta lo más cerca posible de los alabes del rodete, debido a que la energía cinética del agua del chorro decrece con la distancia al orificio de salida.

Previo a entrar a considerar el estudio de difusor y circuitos de agua, se considerará la forma en que evoluciona la energía en una turbina Pelton. Utilizando la ecuación de Bernoulli, se obtiene la carga total que el agua transmite a la turbina así:

$$H = (Z_1 - Z_2) + \frac{(P_1 - P_2)}{\gamma} + \frac{(V_1^2 - V_2^2)}{2g} - h_{r12}$$

donde:

H = Carga que cada litro de agua comunica a la turbina. Metros.

$Z_1 - Z_2$ = Diferencia de altura entre la entrada y la salida. Metros.

$P_1 - P_2$ = Diferencia de presión a la entrada y la salida.

$\frac{V_1^2 - V_2^2}{2g}$ = altura representativa de la diferencia de velocidad a la entrada y la salida. Metros.

$2g$

h_{r12} = Pérdidas desde la entrada hasta la salida.

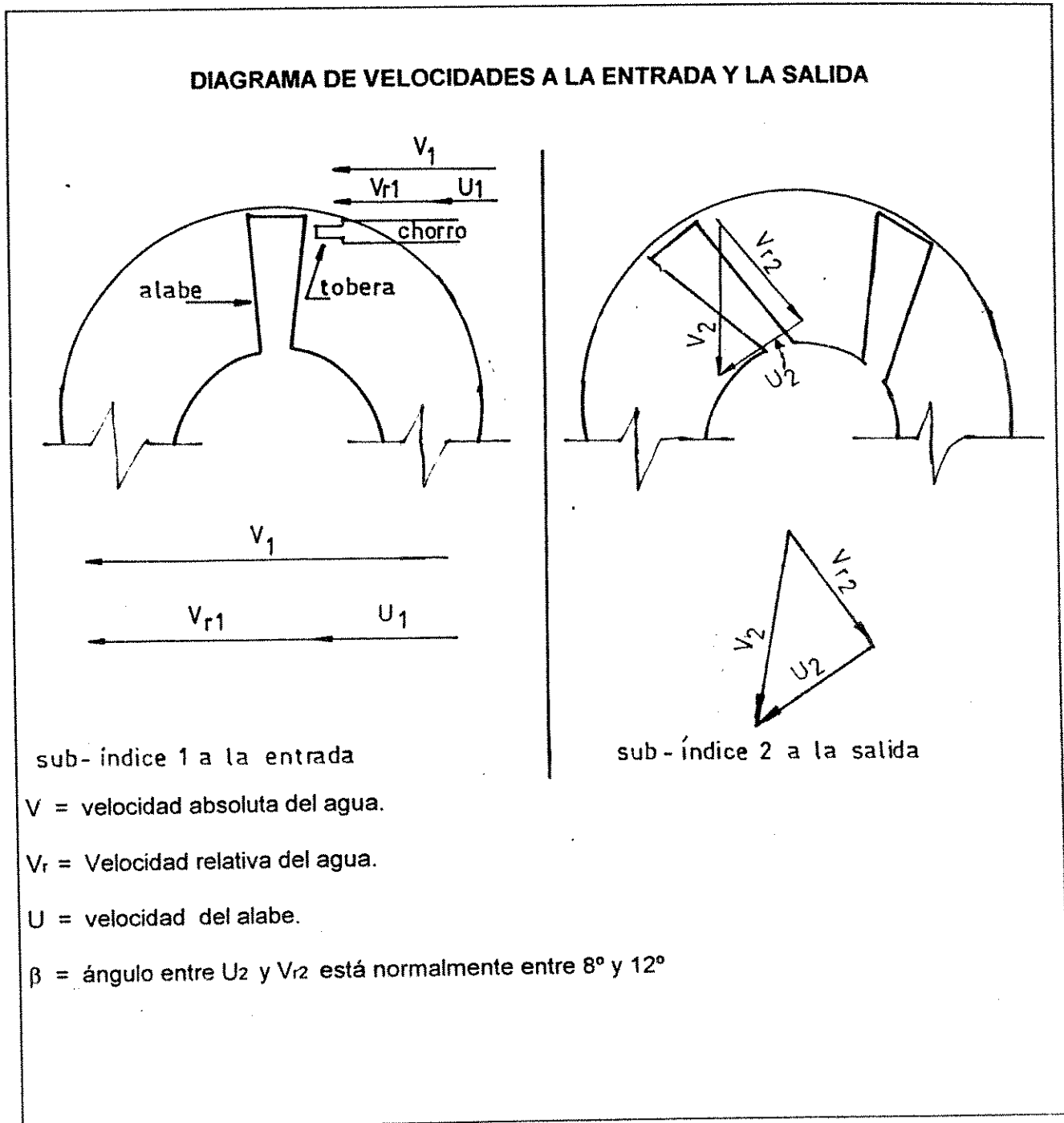
El término que adquiere mayor importancia en una turbina Pelton es $\frac{V_1^2 - V_2^2}{2g}$ mientras que los

$2g$

restantes términos prácticamente no cuentan.

En la figura No. 2-3; se ilustra la forma de instalación de la turbina con rodete de alabes rectos; así como también se muestra la forma de como evoluciona la energía en una turbina Pelton.

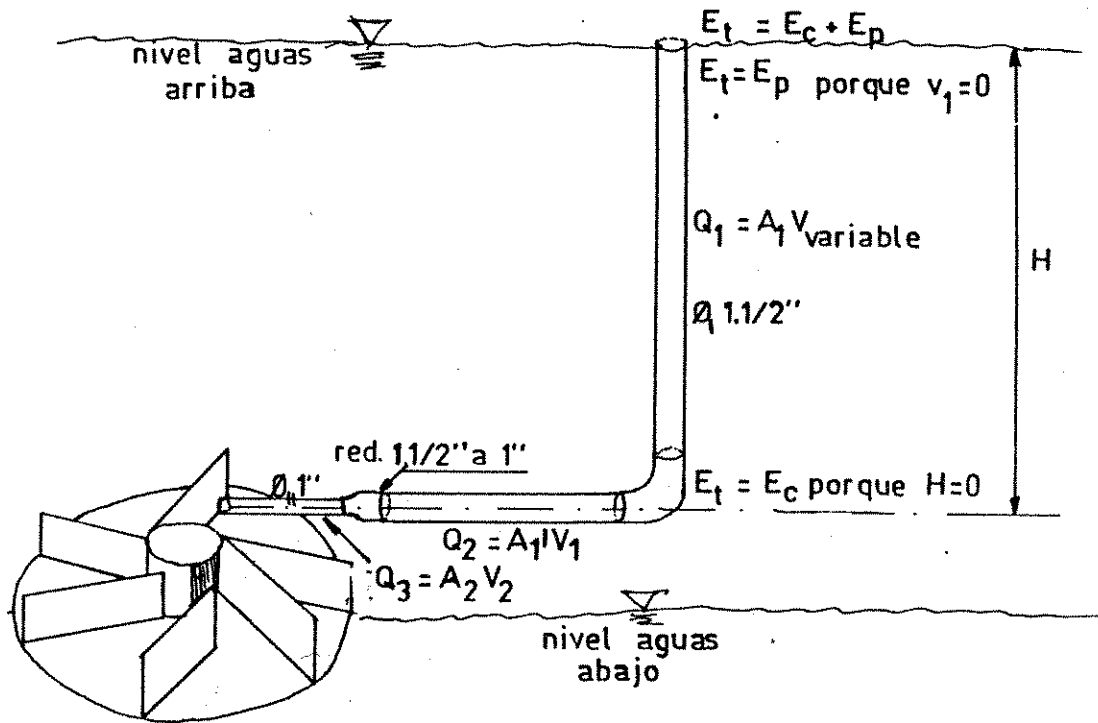
FIGURA No. 2-2



Héctor Gómez.

FIGURA No. 2-3

EVOLUCION DE LA ENERGIA EN TURBINA CON RODETES DE ALABES RECTOS



Donde:

E_t = Energía total.

E_c = Energía cinética = $1/2.mv^2$

E_p = Energía potencial = mgh

A = Area (mts²) = $\pi/4.\varnothing^2$

\varnothing = Diametro de la sección transversal de la tubería

m = Masa de agua en Kg.

v = Velocidad (mts/seg²)

g = Gravedad (mts/seg²)

h = Carga que cada litro de agua comunica a la turbina

π = 3.1416

Héctor Gómez

BREVE DESCRIPCION DEL FUNCIONAMIENTO DE UNA TURBINA PELTON

En este tipo de turbina, la energía cinética del agua en forma de chorro libre, se genera en una tobera colocada al final de una tubería de presión. La tobera está provista de una aguja de cierre para regular el caudal; es este conjunto la parte principal de alimentación y de regulación de la turbina. Es utilizada principalmente donde la carga es más importante respecto del caudal, y su velocidad periférica es baja. Pertenece al tipo de ruedas de impulso.

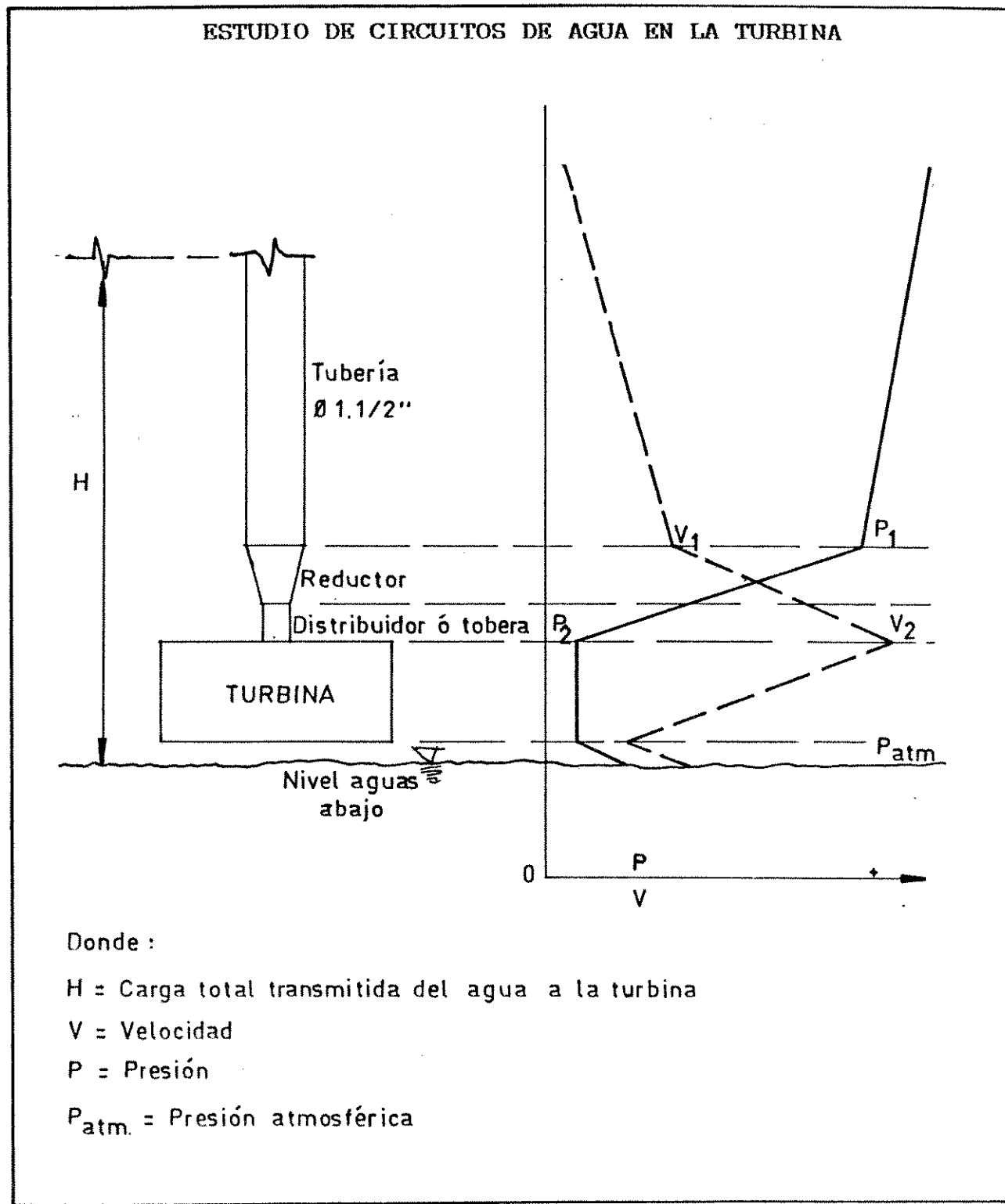
2.2.1.1.2 ESTUDIO DE DIFUSOR

En este tipo de turbinas, no suele usarse difusor, puesto que el agua al dejar de actuar directamente en los alabes, desagua en el nivel de aguas abajo.

2.2.1.1.3 ESTUDIO DE CIRCUITOS DE AGUA

Inicialmente el agua entra a una sección de tubería de diámetro $1. \frac{1}{2}$ " con una presión P_1 caudal Q_1 , y velocidad V_1 dicha velocidad va aumentando gradualmente a medida que disminuye la altura. Por concepto de continuidad, disminuye la presión, aumenta la velocidad y caudal permanece constante. En una turbina de impulso, toda la energía disponible en el flujo se convierte en energía cinética a presión atmosférica mediante una boquilla o chiflón, antes de que el fluido entre en contacto con los alabes móviles; entre la presa de agua y la base de la boquilla, se tienen pérdidas a lo largo de la tubería de presión, las que pueden calcularse con los datos y resultados para fricción en tuberías (ver figura No. 2-4).

FIGURA No. 2-4



Héctor Gómez

2.2.1.2 CAMBIOS A REALIZAR PARA TRANSFORMAR BOMBA A TURBINA

2.2.1.2.1 MODIFICACION DE ALABES

Entre los alabes de una turbina Pelton y la turbina experimental, existen diferencias que básicamente se dan en la forma del alabe. El rodete utilizado en las pruebas de laboratorio, no fue modificado, se utilizaron alabes rectos, únicamente haciendo que el agua incidiera en los alabes en forma casi perpendicular en el extremo de éstos y abandonando el agua la turbina en la parte baja de ésta.

2.2.1.2.2 MODIFICACION DE DISTRIBUIDOR A DESFOGUE

La modificación realizada fue principalmente en la incorporación del distribuidor que en la turbina de impulso, está conformada por la tobera o toberas cuando son varios los chorros. Las dos toberas utilizadas en las pruebas fueron acopladas a la carcasa mediante un agujero para cada una de ellas, de tal manera que el agua incidiera en la periferia del rodete impulsor y perpendicular a los alabes al pasar estos en la dirección de la tobera y del chorro motriz.

2.1.2.3 MODIFICACION DEL ACOPLAMIENTO

En el automóvil, se utiliza la bomba con el eje horizontal; en función de turbina se utiliza con su eje vertical, dejando sin uso la tapadera debido a que la sección de desfogue de la turbina ocupa toda la parte baja del rodete.

2.2.2 BOMBA DE ALABES CURVOS

Al realizar pruebas utilizando bomba centrífuga de alabes curvos hacia adentro, fue necesario transformarla lo más semejante posible a una turbina de reacción de flujo radial, es decir, donde el agua recorra los alabes en dirección radial y de afuera hacia adentro sólo en la parte superior de éstos, y termina el agua su recorrido entre los alabes en dirección axial vertical hacia abajo, debido a que se utilizó una bomba-turbina con el eje vertical, por lo que su fase final trabajará

como turbina axial. La acción axial aumenta cuando se incrementa el caudal en relación a la carga, para una potencia determinada. En otras palabras, se utilizaron los principios de una turbina Francis

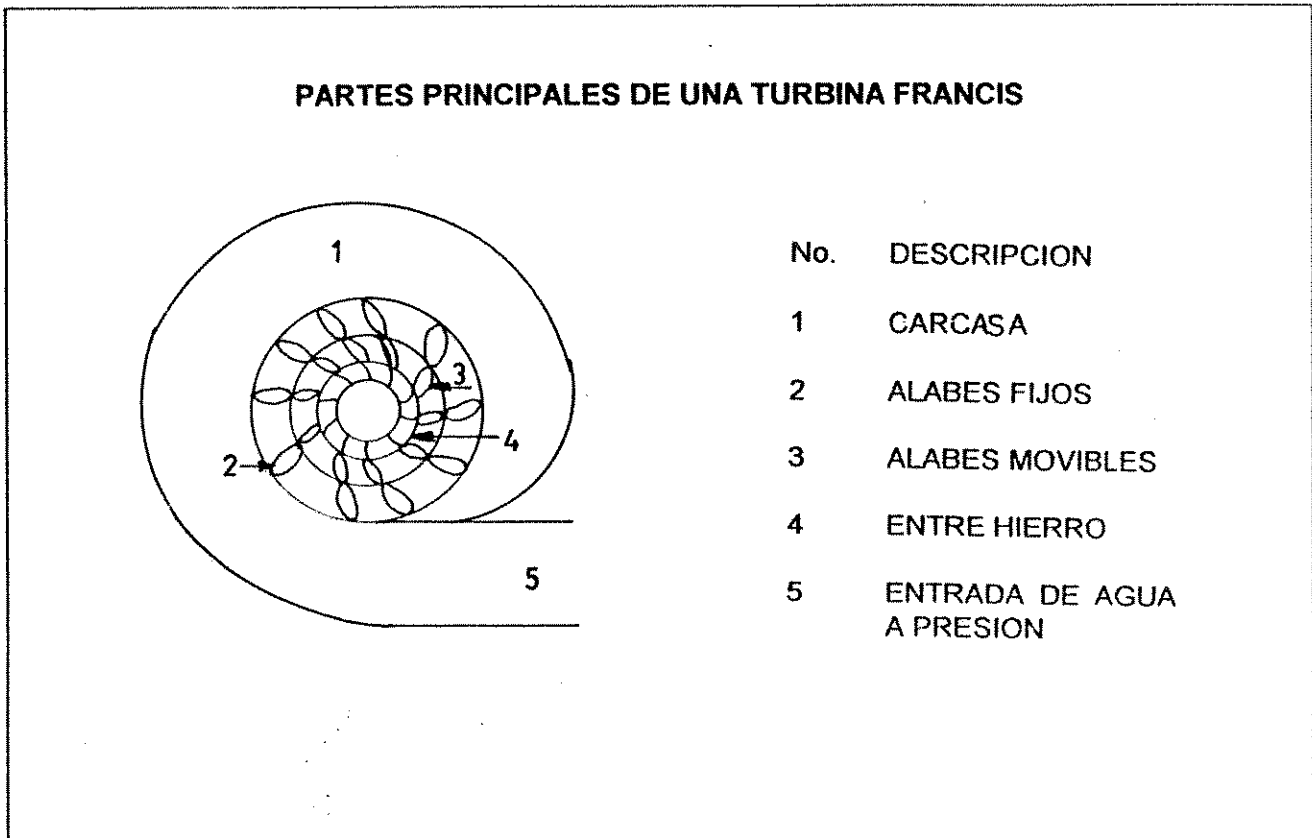
previo a entrar al análisis de alabes curvos, es necesario conocer las partes principales de una turbina Francis, así como la función de cada una de éstas.

PARTES PRINCIPALES DE UNA TURBINA FRANCIS

Las partes principales siguiendo el orden del agua a su paso por la turbina son:

- a) Caracol, carcasa o caja espiral.
- b) Distribuidor.
- c) Rodete móvil.
- d) Tubo de desfogue.
 - a) Caracol o carcasa: es el ducto alimentador, de sección circular y diámetro decreciente, circunda al rotor, generalmente hecho de lámina de acero.
 - b) Distribuidor: está constituido por una serie de alabes directores en forma de persiana circular; en el distribuidor se transforma parcialmente la energía de presión en energía cinética.
 - c) Rodete móvil: este lo constituyen los alabes móviles los que están acoplados a un plato perpendicular al eje de esta turbina, de cuyo plato arrancan y se abren hacia la dirección axial, se toma progresivamente un alabeo y se abre hacia la dirección radial, por lo que presenta una forma abocardada.
 - d) Tubo de desfogue o difusor: es el que da salida al agua de la tubería de la turbina y al mismo tiempo procura una ganancia en la carga estática hasta el valor de presión atmosférica por su forma divergente.

FIGURA No. 2-5



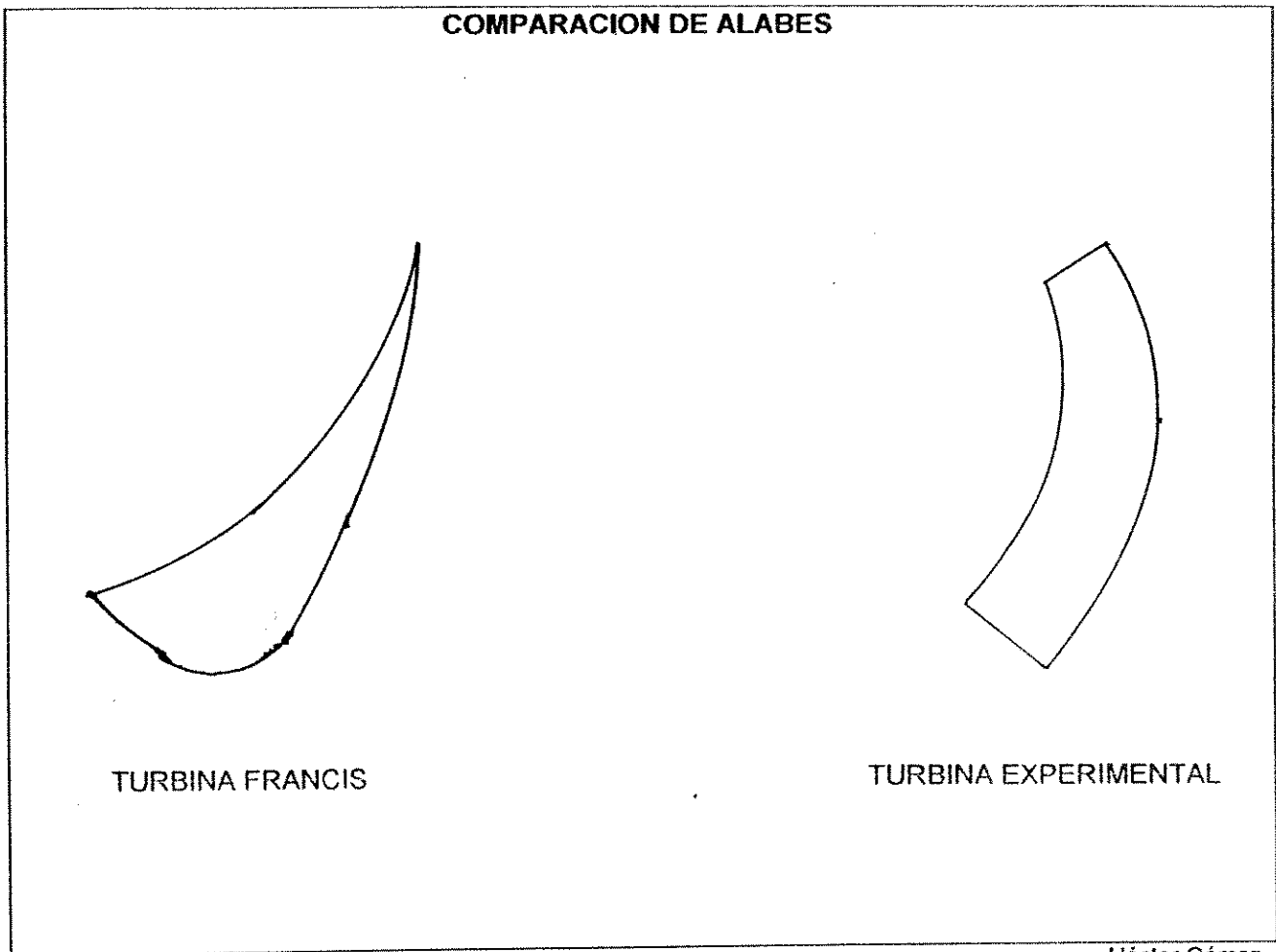
Turbo Máquinas Hidráulicas.

2.2.2.1 ESTUDIO DE COMPONENTE

2.2.2.1.1 ESTUDIO DE ALABES

Utilizando los conceptos de una turbina Francis, se observa que el rodete que contiene los alabes de la bomba centrífuga vendría a constituir el rodete móvil en dicha turbina, con la diferencia de que la bomba utilizada carece de distribuidor por lo que no tiene los portillos direccionales del agua. Los alabes también varían en su forma, puesto que los de una turbina Francis parten del rodete siguiendo una dirección axial, tomando progresivamente un alabeo y abriéndose hacia la dirección radial, en tanto que los alabes curvos parten del rodete siguiendo un alabeo continuo. (ver figura No. 2-6).

FIGURA No. 2-6



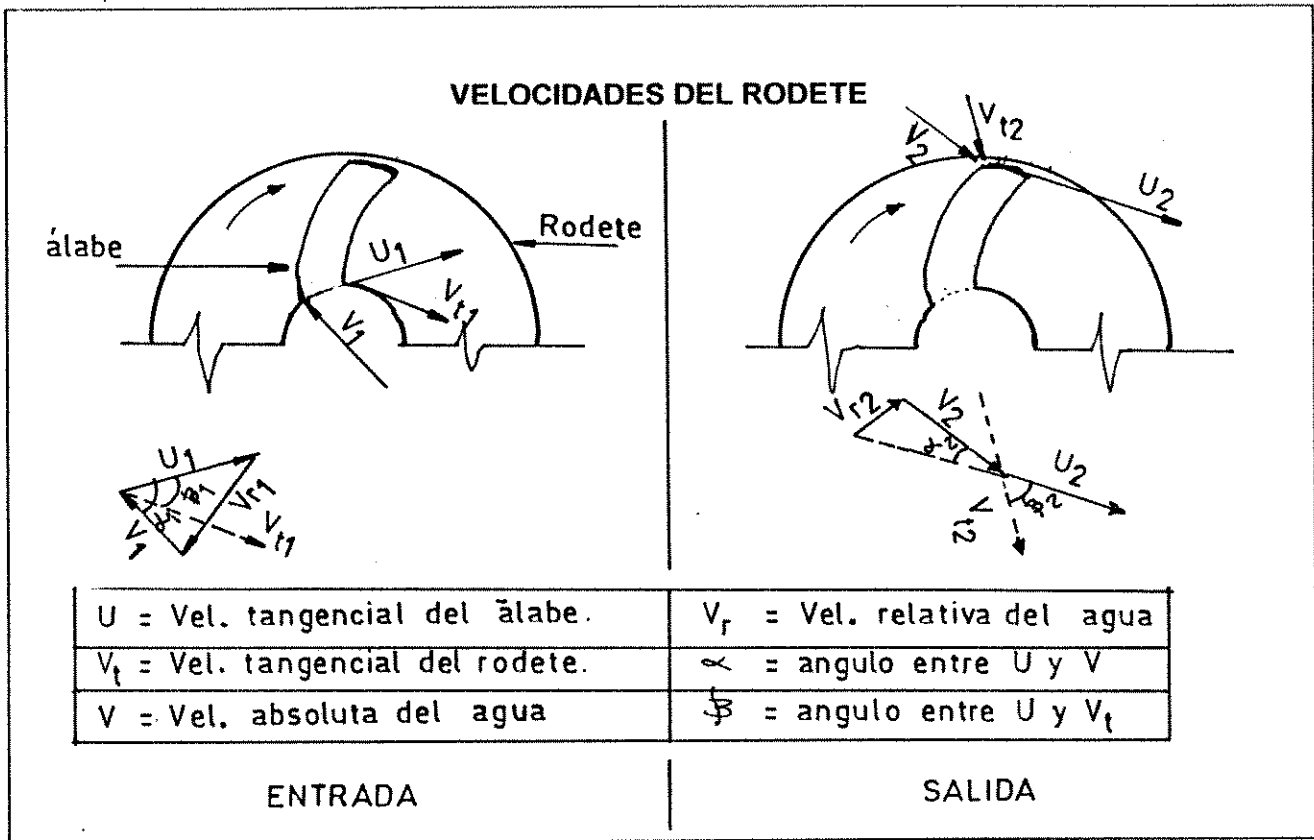
Héctor Gómez.

El agua ataca a los álabes con una velocidad V_1 que tiene su origen en la tubería de presión pasando posteriormente al caracol o carcaza; seguidamente incide en el álabe con un ángulo de manera que se tenga un componente tangencial de la velocidad absoluta del álabe a la entrada del chorro (U_1). Para turbina es conveniente que el valor $U_1 V_{u1}$ sea positivo, por la ecuación de Euler:

$$H = \frac{1}{g} (U_1 V_{u1} - U_2 V_{u2})$$

A continuación (figura No. 2-7), se da un diagrama ideal de las velocidades a la entrada y a la salida del rodete utilizado en la bomba - turbina experimental.

FIGURA No. 2-7



Héctor Gómez.

FORMAS PARA LOGRAR POTENCIA MÁXIMA: de la ecuación tenemos:

- 1) Q deberá ser máximo posible.
- 2) $U_2 \cdot V_{u2} = 0$, lo que implica que $U_2 = 0$ ó $V_{u2} = 0$

pero:

$U_2 \neq 0$ porque:

$U_2 = W \cdot r_2$ y $W \neq 0$ porque si no la turbina estaría parada.

$r_2 \neq 0$ porque entonces Q descargaría en un solo punto.

Si $V_{u2} = 0$ se necesita para esta condición que la velocidad absoluta del agua a la salida V_2 sea ortogonal a la velocidad tangencial del alabe, lo que se logra parcialmente gracias a un correcto diseño del rodete.

3) Para que $U_1 V_{u1}$ sea máximo:

a) $U_1 = W * r_1$ se necesita que r_1 sea el mayor posible y W sea máximo en R.P.M.

b) Para que V_{u1} sea máximo, se necesita que V_1 sea lo más paralelamente posible a U_1 , lo que se logra haciendo que tienda a 0 haciendo que el flujo del agua a la entrada de la turbina sea lo más tangencial y a la salida lo más axial.

Suponiendo que $V_{u1} = 0$ entonces la ecuación de Euler quedaría así:

$$H = \frac{U_1 V_{u1}}{g}$$

EFICIENCIA DEL ALABE

la eficiencia está dada por la relación H_1 / H , que representa la relación de la componente tangencial de la velocidad absoluta V_u basada en los ángulos de los álabes.

$$E = \frac{H_1}{H}$$

donde:

H = Altura de entrada (unidades de longitud)

H_1 = Altura de salida (unidades de longitud)

La diferencia de H y H_1 se explica por:

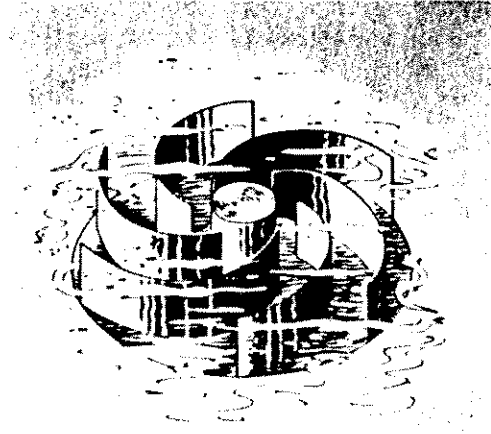
- 1) la distribución desigual de la velocidad a través del canal del impulsor, resulta en una carga teórica más baja que la basada en la velocidad promedio.
- 2) La circulación relativa del líquido entre el canal debido a efecto de inercia.
- 3) las partes no activas de los extremos del álabe del impulsor en la descarga.
- 4) No se debe tomar en cuenta la pre-rotación del líquido en la entrada del impulsor.

En la figura No. 2-8, se observa el impulsor entre agua en reposo; esto es antes de que la bomba arranque. En la otra vista del mismo impulsor, se puede ver que la fuerza del agua que hace mover los álabes es centrífuga.

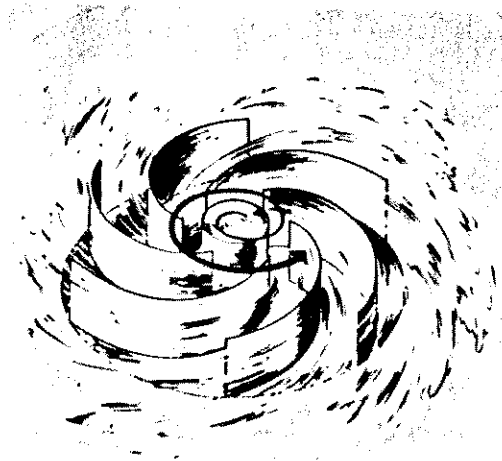
FIGURA No. 2-8

IMPULSOR EN AGUA EN REPOSO Y EN MOVIMIENTO

EN REPOSO



EN MOVIMIENTO

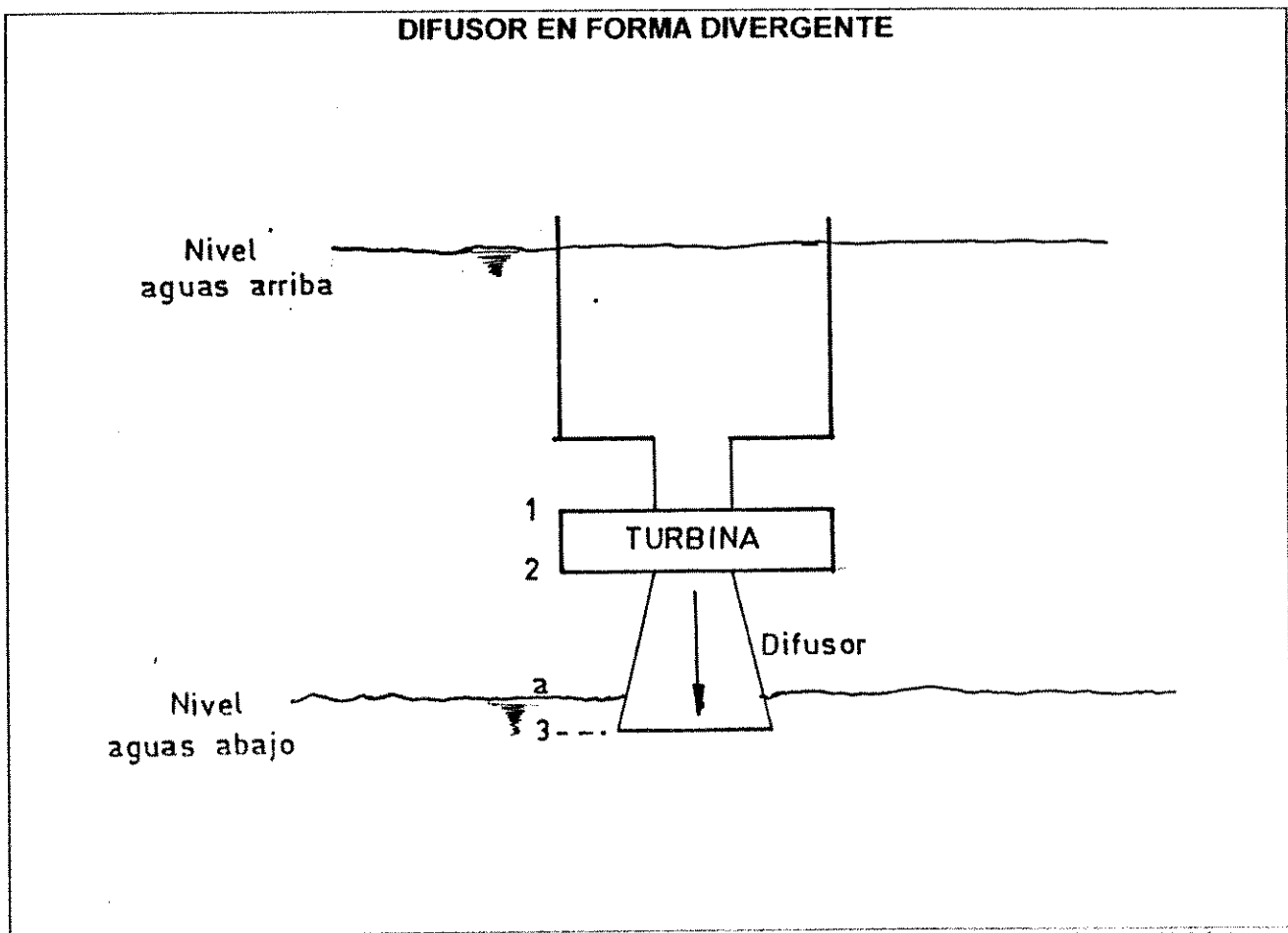


Consideraciones sobre
Tesis: Joaquin Amaya.

2.2.2.1.2 ESTUDIO DE DIFUSOR

El difusor actúa como un recuperador de energía, ya que por su forma divergente produce una desaceleración del agua que sale de la turbina, y convierte la energía cinética del líquido en energía de presión. Esto se debe a que la presión de salida del ducto es la atmosférica, y se tendrá en el origen del ducto a la salida del rotor una presión menor que la atmosférica que da lugar a una diferencia de presión más alta entre la entrada y la salida del agua del rodete móvil, y producir un mejor aprovechamiento de la energía del agua, y por lo tanto aumenta la potencia de la turbina porque $P = Q\Delta P = \text{diferencia de presión}$, en la figura No. 2-9: se muestra un difusor divergente.

FIGURA No. 2-9



Turbomáquinas Hidráulicas.

La altura geométrica que debe tener el tubo de desfogue (H_s) se calcula aplicando Bernoulli entre el origen (2) y la salida (3) y el nivel de aguas abajo (a).

$$\frac{V_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 = \frac{V_3^2}{2g} + \frac{P_3}{\gamma} + Z_3 + h_p$$

$$\frac{V_3^2}{2g} + \frac{P_3}{\gamma} + Z_3 = 0 + \frac{P_a}{\gamma} + Z_a + h_p'$$

$$h_p' = \frac{V_3^2 - 0}{2g} \text{ implica que } h_p' = \frac{V_3^2}{2g}$$

Finalmente se obtiene:

$$H_s = Z_2 - Z_a = \frac{P_a - P_2}{\gamma} - \left[\frac{V_2^2 - V_3^2}{2g} - h_p \right]$$

El rendimiento del tubo de desfogue se define así:

$$\text{Energía cinética recuperada} = \frac{V_2^2 - V_3^2}{2g} - h_p$$

$$\eta_d =$$

$$\frac{\text{Energía cinética recuperable} = \frac{V_2^2 - V_3^2}{2g}}{\text{Energía cinética recuperable} = \frac{V_2^2 - V_3^2}{2g}}$$

Finalmente se obtiene:

$$H_s = \frac{P_a - P_2}{\gamma} - \eta_d \left[\frac{V_2^2 - V_3^2}{2g} \right]$$

H_s puede ser positivo, cero o negativo.

Para H_s negativo en el caso de grandes turbinas con mucho caudal, implica que $V_2 \gg V_3$ y η_d sea alto, o bien no reducir demasiado P_2 . Donde:

V_2 = velocidad del fluido a la entrada del difusor.

P_2 = presión del fluido a la entrada del difusor.

Z_2 = altura de caída del fluido a la salida del difusor.

Z_3 = altura de caída del fluido a la salida del difusor.

h_p = pérdidas en el tubo de desfogue o difusor.

g = gravedad.

V_3 = velocidad del fluido a la salida del difusor.

P_3 = presión del fluido a la salida del difusor.

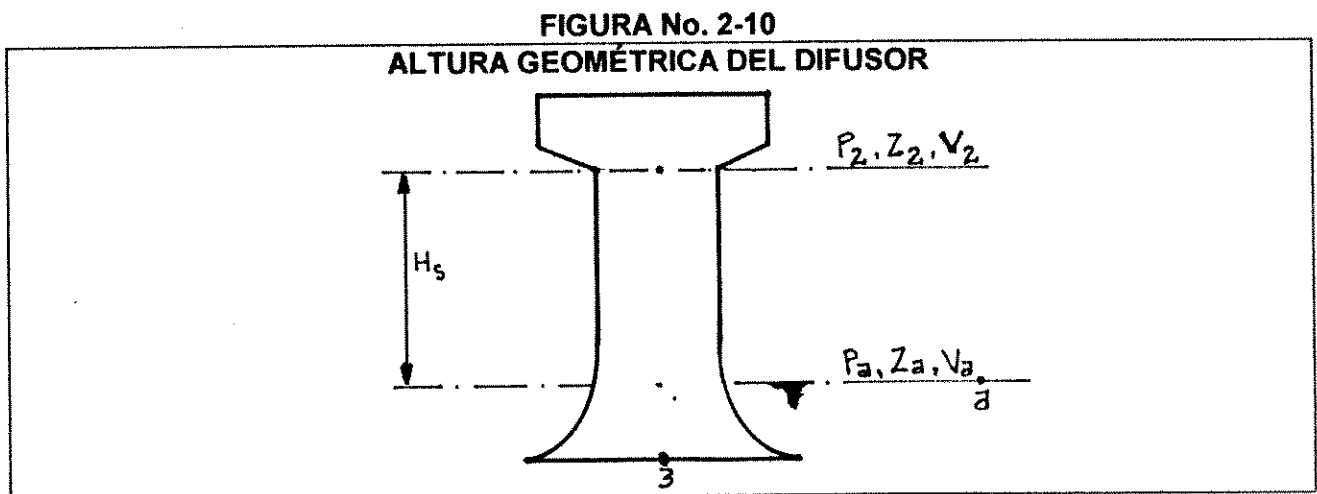
h_p' = pérdidas debidas al vaciado brusco a la salida.

P_a = presión del fluido en nivel aguas abajo.

Z_a = altura de caída del fluido aguas abajo.

H_s = altura geométrica del tubo de desfogue. (fig. No. 2-10).

η_d = rendimiento del tubo de desfogue o difusor.



Turbomáquinas Hidráulicas.

2.2.2.1.3 ESTUDIO DE CIRCUITOS DE AGUA

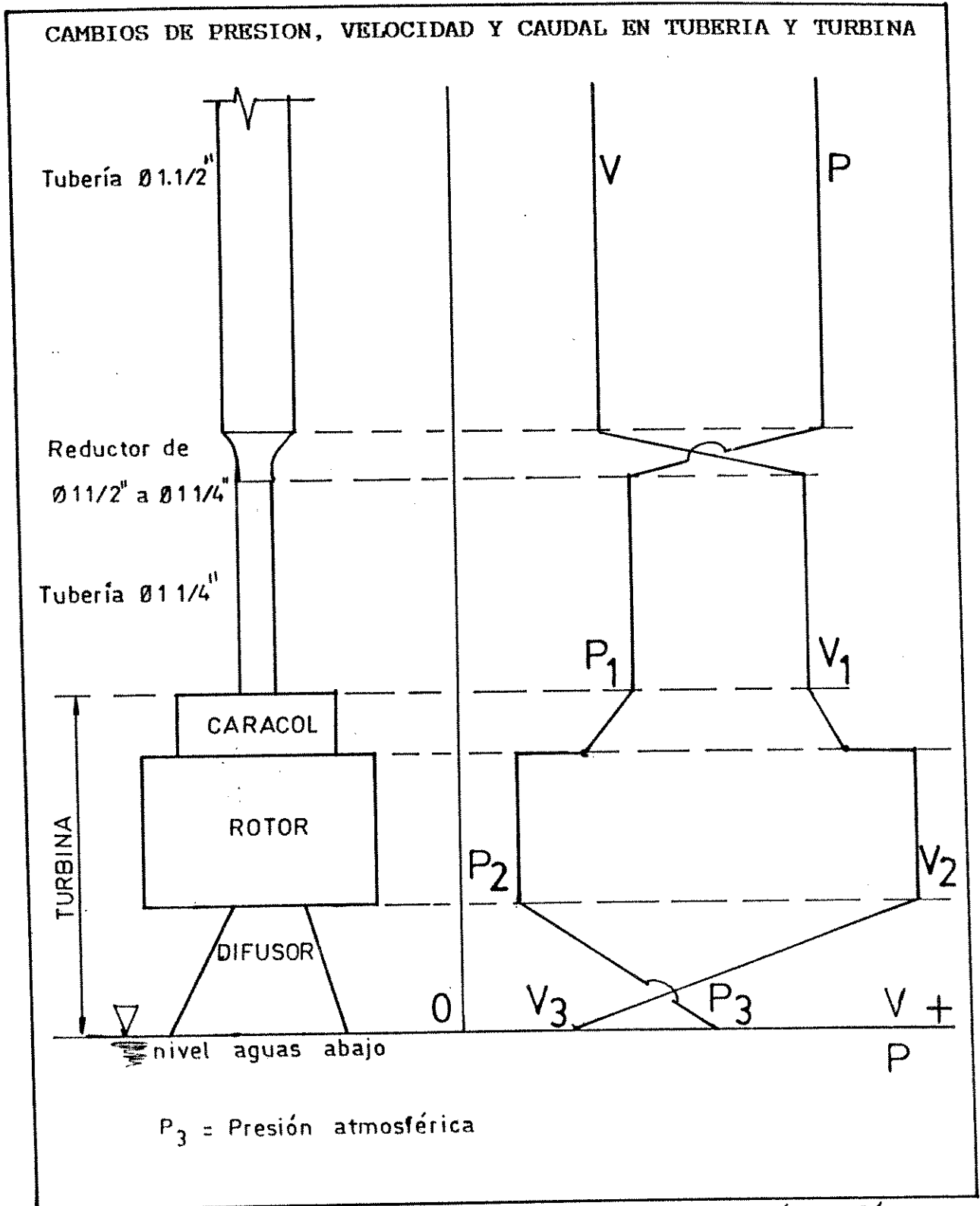
El circuito de agua para la bomba turbina de alabes curvos, empieza con una sección de tubería de 1.1/2 pulgadas de diámetro (que vendría a ser la tubería de presión); a continuación disminuye su diámetro a 1. ¼ pulgadas; esta tubería entra directamente a la turbina a través de la carcasa, y reduce uniformemente su diámetro en el interior de ésta. (forma cónica).

El agua entra a la turbina por la tubería de presión de diámetro 1. ½ pulgadas con una presión (p) velocidad (V) y caudal (Q) determinados según las condiciones del lugar y requerimientos de turbina, seguidamente pasa a la tubería de diámetro 1. ¼ pulgadas donde Q permanece constante por continuidad, pero como área disminuye entonces V_1 aumenta y P_1 disminuye por conservación de la energía (la energía no se destruye únicamente se transforma).

Dentro de la carcasa, disminuye aún más su diámetro, por lo que aumenta su velocidad (V) y por lo tanto presión (P) vuelve a tener una caída más, con caudal (Q) constante. Seguidamente, el agua incide directamente en forma radial en el eje del rotor; de aquí parte para incidir en los alabes del mismo con una velocidad V_2 y presión P_2 donde deja casi toda su energía, conservando sólo valores pequeños a la salida (V_3 , P_3) hacia el tubo de desfogue.

A continuación en figura No. 2-11, se muestra el proceso de velocidad, presión y caudal que sufre el agua en su recorrido a través de la tubería de presión, con su cambio de sección y la turbina propiamente dicha.

FIGURA No. 2-11



Héctor Gómez

2.2.2.2 CAMBIOS A REALIZAR PARA TRANSFORMAR BOMBA A TURBINA

2.2.2.2.1 MODIFICACION DE ALABES

Como anteriormente se explicó, existen diferencias entre los alabes de una turbina Francis y la turbina experimental, por lo que es necesario recalcar que las diferencias básicas se dan en la forma del alabe. Para fines de experimentación, se utilizaron alabes curvos sin modificación alguna, intentando que el agua entre en forma radial; de giro a los alabes y que abandone éstos tangencialmente, o lo más similarmente posible.

2.2.2.2.2 MODIFICACION DE DIFUSOR A DISTRIBUIDOR

En este caso, la turbina carece de distribuidor y por lo tanto no tiene alabes directores que transformen parcialmente la energía potencial en cinética, regulando el caudal que ha de incidir en los alabes del rotor. al realizar el montaje de una turbina como la presente, es necesario el uso del difusor; debido a que por intermedio de él se logra una ganancia en carga estática por su forma divergente.

2.2.2.2.3 MODIFICACION DEL ACOPLAMIENTO E INSTALACION

La bomba es utilizada en el automóvil con su eje horizontal; al transformarla a turbina es recomendable utilizarla con su eje vertical (por conveniencia), dejando en desuso la tapadera de la misma y acoplando en su lugar el difusor para desfogue de la turbina.

2.3 BOMBA CENTRIFUGA DE USO DOMESTICO E INDUSTRIAL

2.3.1 BOMBA STA RITE C-1

DATOS TECNICOS

- a) bomba de potencia de $\frac{1}{2}$ a 2 HP
- b) Diámetro de tubería de succión: 1. $\frac{1}{4}$ pulgadas.
- c) diámetro de tubería de descarga: 1 pulgada.
- d) Máxima capacidad de altura de bombeo: 80 pies y caudal = 80 G.P.M.

e) Máximo caudal: 70 G.P.M. Altura de bombeo 40 pies.

f) R.P.M. mínimo: 1750 para una potencia de ½ H.P.

g) R.P.M. máximo: 3450 para una potencia de 2 H.P.

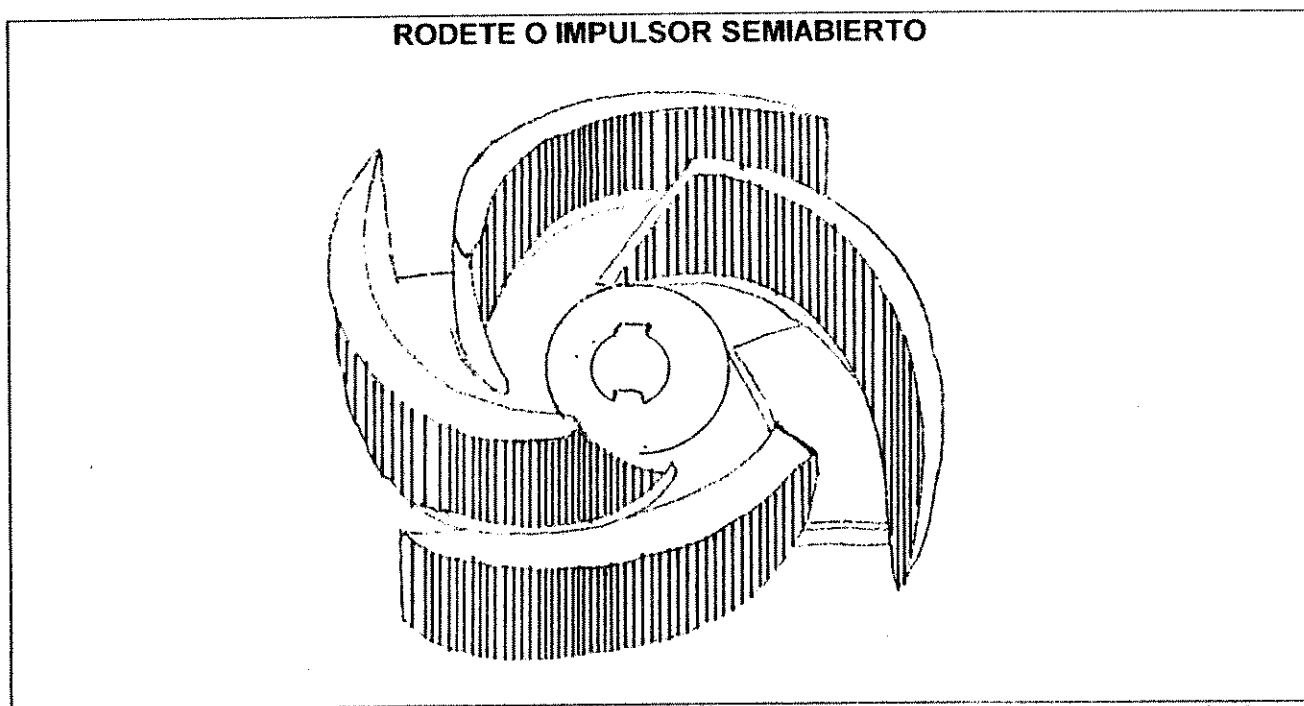
G.P.M. = galones por minuto, R.P.M. = revoluciones por minuto.

2.3.1.1 ESTUDIO DE COMPONENTES

2.3.1.1.1 ESTUDIO DE RODETE

Esta bomba usa un rodete semiabierto (ver figura No. 2-12)

FIGURA No. 2-12



René Gómez.

2.3.1.2 CAMBIOS A REALIZAR PARA TRANSFORMAR BOMBA STA RITE C-1 A TURBINA

Una bomba es una máquina que transmite potencia a un fluido. Es decir, que hace una transformación de energía mecánica a energía hidráulica.

La turbina es una máquina que absorbe energía hidráulica y la transforma a energía mecánica.

De lo anterior, se observa que en una turbina ocurre el proceso inverso de una bomba. Lo que

se pretende con este ensayo es utilizar la teoría que se tiene de las bombas centrífugas que se puede invertir el flujo para que trabaje como turbina.

Para el efecto, se necesita hacer que la bomba reciba la energía hidráulica y la transforme en energía mecánica; esto se logra conectando el chorro de la caída de agua en la tubería de descarga de la bomba provocando que la abandone por la tubería de succión.

2.3.2 BOMBA RED JACKET

DATOS TECNICOS

- a) Bomba de potencia de 3 a 5 HP
- b) Diámetro de tubería de succión: 1. ½ pulgadas.
- c) Diámetro de tubería de descarga: 1. ¼ pulgadas.
- d) Rodete o impulsor encerrado.

2.3.2.1 ESTUDIO DE COMPONENTES

2.3.2.1.1 ESTUDIO DE RODETE

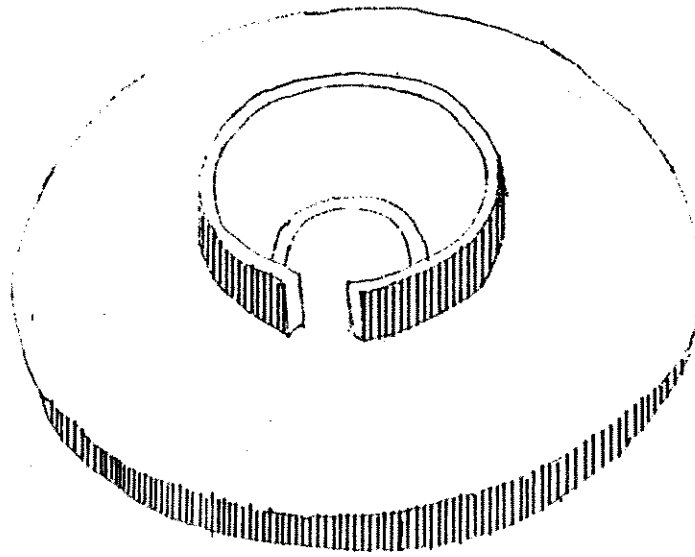
Este tipo de bomba usa un rodete o impulsor cerrado. Ver figura No. 2-13.

2.3.2.2 CAMBIOS QUE SE VAN A REALIZAR PARA TRANSFORMAR BOMBA RED JACKET A TURBINA.

Al igual que la bomba Sta Rite, se necesita hacer que la bomba reciba la energía hidráulica para transformarla en energía mecánica, invirtiendo el sentido del flujo en la bomba. Es de hacer notar que se logró mayor potencia con esta bomba debido al tipo de rodete, ya que es una bomba de mayor HP

FIGURA No. 2-13

TURBINA CON RODETE O IMPULSOR CERRADO



René Gómez.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Escuela Central

CAPITULO No. 3

ENSAMBLE DE EQUIPO TURBOGENERADOR

3.1 ESTRUCTURA DE SOPORTE

El modelo experimental se ensambla en una estructura de hierro angular de 1" x 1" x 1/8", de tal manera que la batería esté colocada lo más lejos posible del chorro de agua para evitar que se moje y disminuya su vida útil. El alternador se coloca con su eje vertical, y debe observarse que no reciba salpicaduras de agua y que esté firmemente atornillado a la estructura.

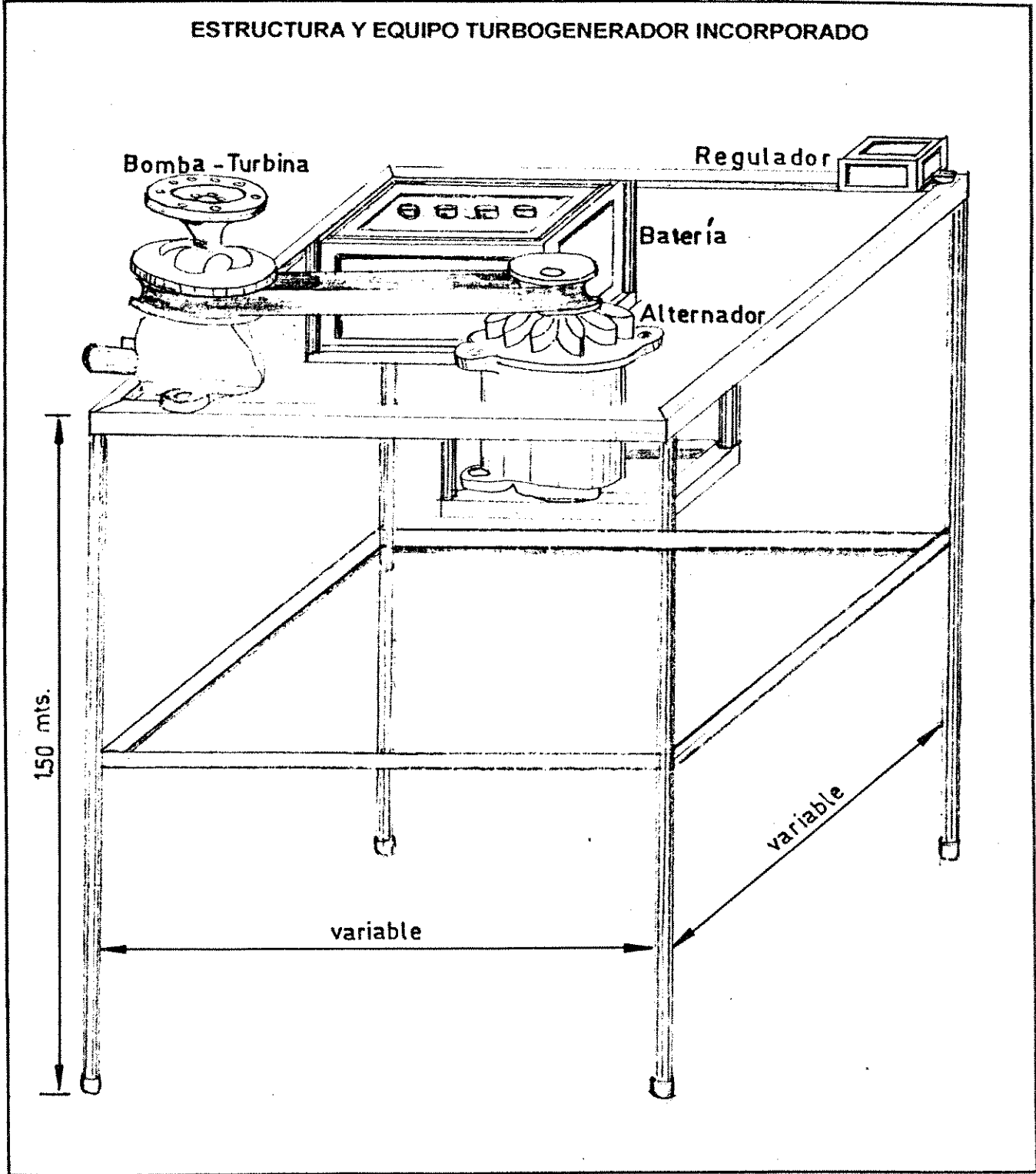
La bomba -turbina trabaja con su eje vertical, debe estar atornillada a la estructura; el regulador debe atornillarse y evitar que reciba salpicaduras de agua. Los instrumentos de medición, (amperímetro y voltímetro) pueden ser colocados en un tablero aparte, y debe observarse que estén bien calibrados y conectados.

Además, debe tenerse un tensor para el alternador; esto es para mantener la faja con su debida tensión y también para que pueda ser removida sin mover el alternador o la turbina. En la práctica, se pueden utilizar diversos materiales para la estructura; por ejemplo, la chatarra de hierro, cemento, madera, aunque esta no es recomendable por su deterioro con el agua. A continuación en la figura No. 3-1, se observa la estructura con medidas y el equipo turbogenerador incorporado.

Es de vital importancia observar que las medidas no son las mismas que se van a utilizar en un montaje funcional, sino que de ser necesario deben modificarse a fin de adaptarse a las características del lugar y de posibilidades del interesado en construir este sistema generador.

FIGURA No. 3-1

ESTRUCTURA Y EQUIPO TURBOGENERADOR INCORPORADO



Hector Gómez

3.2 EQUIPO TURBOGENERADOR

Como se explicó en el capítulo 2, la turbina se obtuvo mediante la transformación de una bomba centrífuga. Se realizaron 4 pruebas, 2 pruebas con bomba automotriz tipo centrífuga y 2 con bomba centrífuga de uso domiciliar e industrial. Básicamente, las pruebas fueron hechas con la misma idea o sea la de transmitir energía mecánica al alternador por medio de poleas y faja y que éste a su vez produzca energía eléctrica.

3.2.1 MATERIALES USADOS Y FORMA DE OPERACION

- a) Bomba centrífuga: transformada a turbina.
- b) Alternador: para la parte experimental, se utilizó un alternador con las siguientes características:

Marca: Hitachi.

Modelo: LT 135-68035 23100 C60000.

Velocidad de sincronismo: $N = 900$ R.P.M.

Número de polos: 8 pares.

- a) Banda en V: transmisora de potencia.

FORMA DE OPERACION:

Para la energía hidráulica, se utiliza una caída de agua con un caudal Q , presión P , velocidad V , y altura H ; con esta energía se da movimiento al rodete de la turbina, por intermedio de los alabes de ésta; se hace girar a N R.P.M. la polea de la turbina que está acoplada al eje del rodete, y de esta manera, se transforma la energía hidráulica en energía mecánica

La energía mecánica producida en la turbina se transmite al alternador mediante una banda o faja en V que une la polea de la turbina con la polea del alternador; esta última está acoplada al eje del rotor. El alternador transforma la energía mecánica en energía eléctrica mediante el giro del rotor.

TRANSMISION CON BANDA

Las transmisiones con banda ofrecen la máxima versatilidad como elementos de transmisión de potencia; se tiene la gran ventaja de que se reduce la vibración y la transmisión con choque, además que son sumamente silenciosas.

para transmitir la potencia de la turbina al alternador, se utilizó una banda V que es el tipo más comúnmente usado para transmitir potencia en aplicaciones automotrices e industriales.

Las bandas en V son hechas de caucho, cubiertas con tejidos de caucho impregnado y reforzado con nylon, dacrón, rayón, fibra de vidrio o alambre a tensión.

Las bandas para aplicaciones automotrices y de agricultura, por lo general, se diseñan para una vida media de 750 a 1000 horas y las de uso industrial para una vida más larga. No se quiere decir que las fajas automotrices sean menos resistentes, sino que su vida depende de la severidad del servicio.

Cálculos teóricos para calcular banda en V:

fórmulas utilizadas:

a) $C = 3R_1 + R_2$ (pulgadas).

b) $L = 2C + (R_1 + R_2) + \frac{(R_2 - R_1)^2}{C}$ (pulgadas).

c) $a = (C - (R_2 - R_1)^2)^{1/2}$ (pulgadas).

d) $\text{seno } \alpha = \frac{R_2 - R_1}{C}$

e) $\theta = \pi - 2\alpha$ (radianes).

Donde:

C = distancia entre centros. Pulgadas.



L = longitud de paso de la banda. Pulgadas.

a = longitud de la parte recta. Pulgadas.

θ = ángulo de contacto.

$$\alpha = \text{seno}^{-1} \left(\frac{R2 - R1}{C} \right)$$

R1 = radio de paso de la polea menor: (alternador). Pulgadas.

R2 = radio de paso de la polea mayor: (bomba - turbina). Pulgadas.

DISTANCIA ENTRE CENTROS:

aplicando a) $C = 3 * 1.476 + 1.772$. Donde: R1 = 3.75 cm. = 1.476 pulgadas.

C = 6.20 pulgadas.

R2 = 4.50 cm. = 1.772 pulgadas.

LONGITUD DE PASO DE LA BANDA:

$$\text{aplicando b) } L = 2 * 6.2 + (1.476 + 1.772) + \frac{(1.772 - 1.476)^2}{6.2}$$

L = 22.62 pulgadas. Indica que se debe usar faja de L = 23 pulgadas

LONGITUD DE LA PARTE RECTA:

$$\text{aplicando c) } a = \left((6.2)^2 - (1.772 - 1.476)^2 \right)^{1/2}$$

a = 6.29 pulgadas.

$$\text{aplicando d) } \alpha = \text{seno}^{-1} \left(\frac{1.772 - 1.476}{6.2} \right)$$

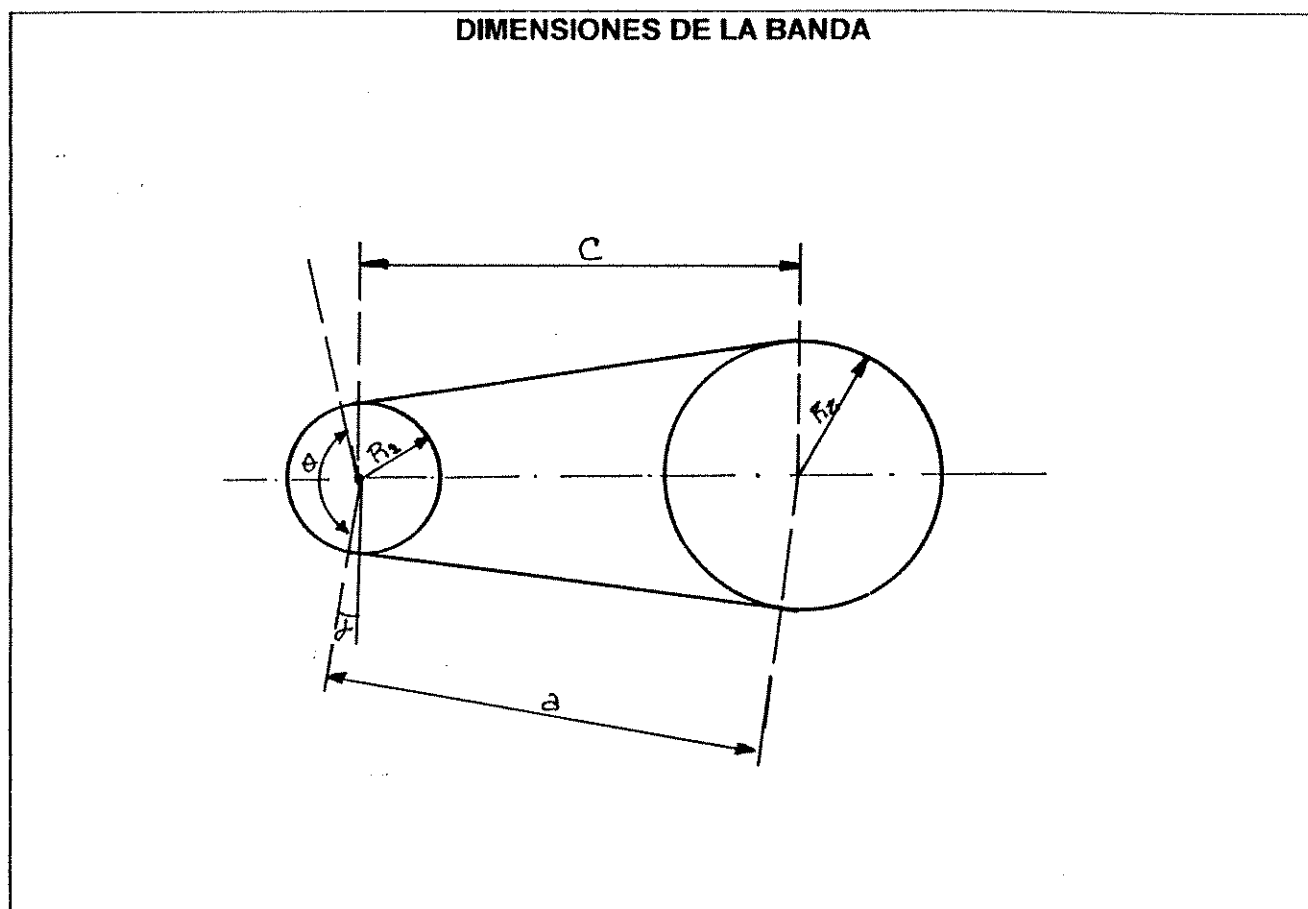
$\alpha = 2.74 = 0.0478$ radianes.

$$\text{aplicando e) } \theta = \pi - 2 * 0.0478$$

$\theta = 3.05$ radianes.

En la figura No. 3-2, se muestran las dimensiones de la banda.

FIGURA No. 3-2



Diseño de Máquinas.

3.3 CONEXIONES ELECTRICAS

Las condiciones necesarias para el buen funcionamiento del equipo turbogenerador son del alternador al regulador, de la batería al regulador, y del alternador a la batería. En la figura No. 3-3, se muestra el diagrama de cómo deben realizarse estas conexiones.

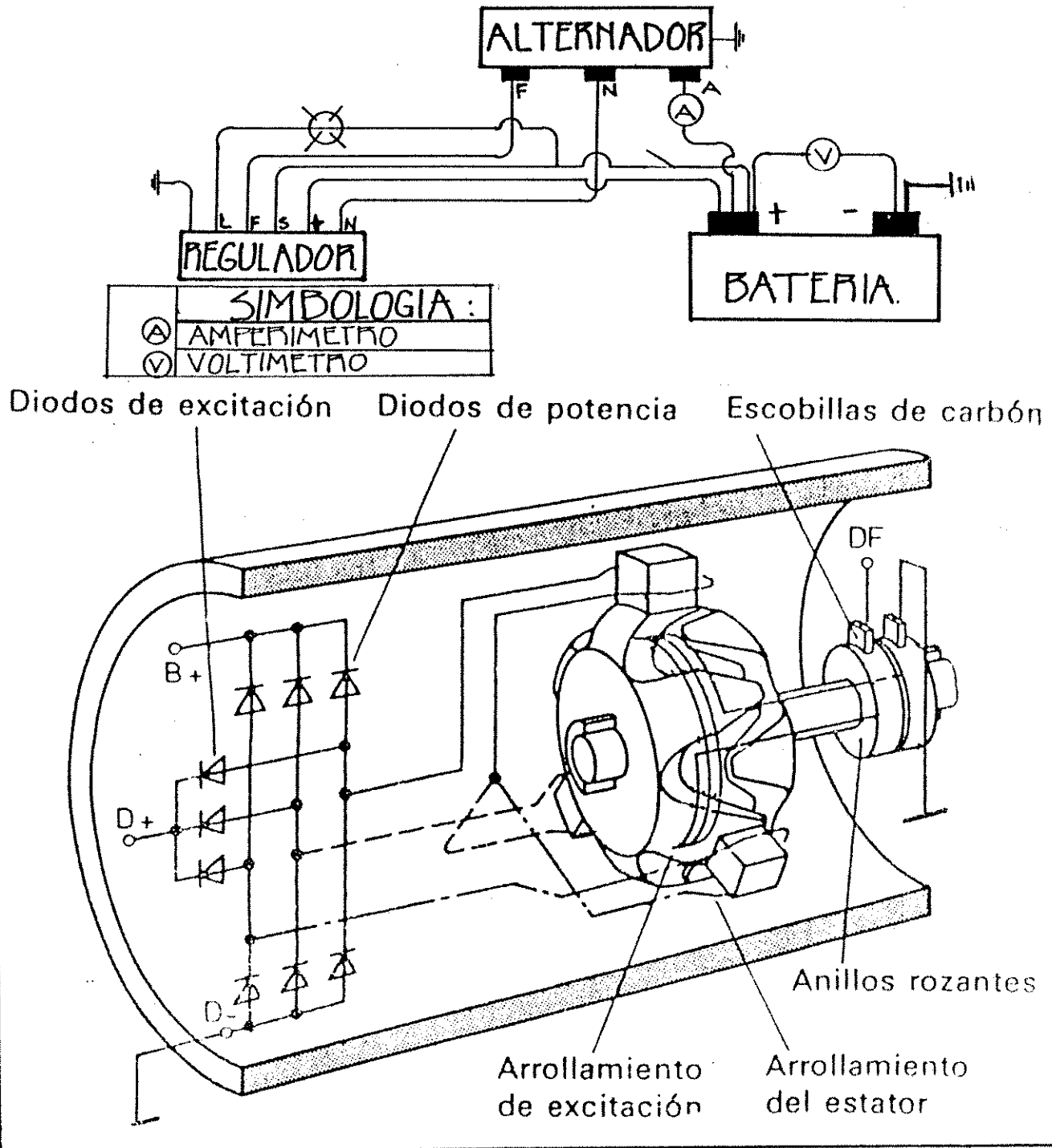
3.3.1 DEL ALTERNADOR AL REGULADOR

En la figura No. 3-4, se muestran algunas partes del alternador, así como la localización de las líneas eléctricas de entrada y salida de éste.

En la figura No. 3-5, se muestran algunas partes del regulador, así como la localización de las líneas eléctricas de entrada y salida de éste.

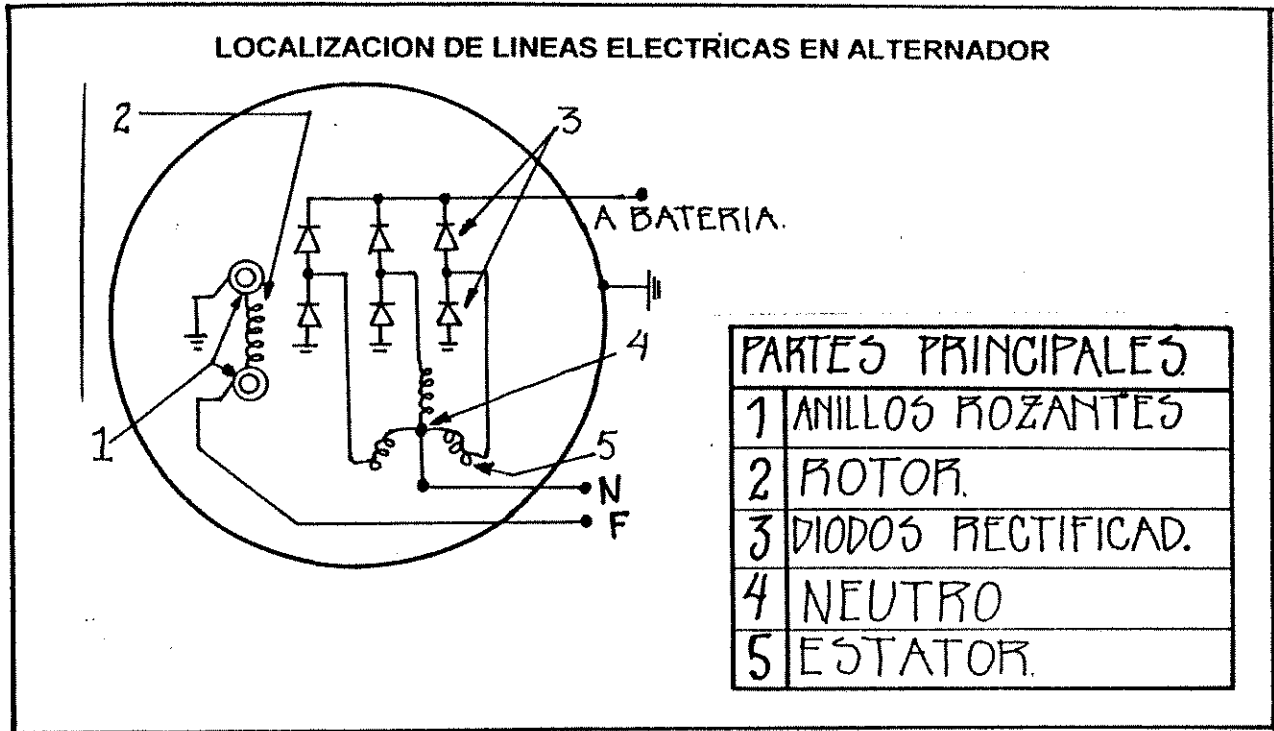
FIGURA No. 3-3

CONEXIONES ELECTRICAS



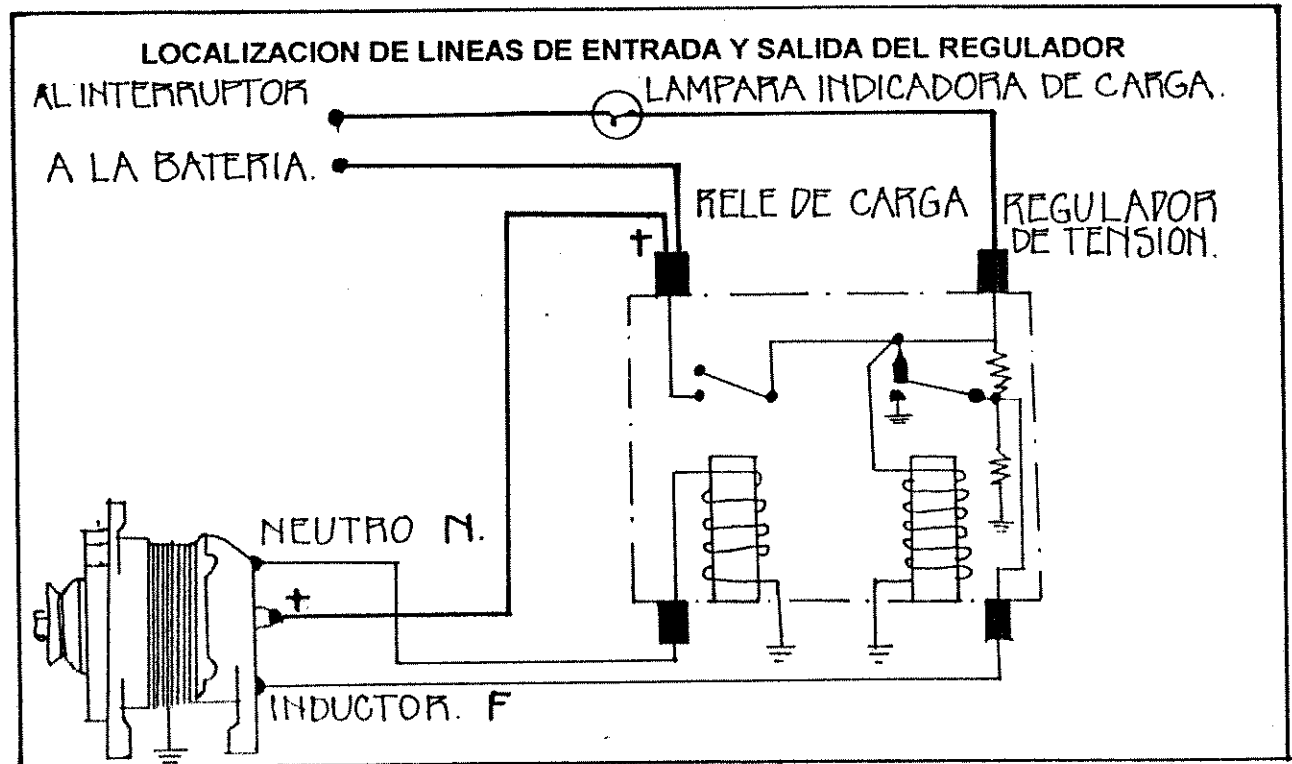
Héctor Gómez y
Manual Intecap.

FIGURA No. 3-4



Manual Intecap

FIGURA No. 3-5



Manual Intecap

3.3.1.1 MATERIALES USADOS Y FORMA DE OPERACION

MATERIALES USADOS:

Previamente, se darán algunas definiciones útiles:

Potencia: cuando se desconoce la potencia real requerida, se hace necesario tipificar la potencia (suponer) de las unidades eléctricas, tratando de se adecue a las condiciones promedio de la instalación supuesta.

Voltaje: este lo define las necesidades de la instalación; en este caso son 12 voltios de la batería.

Corriente: está dada en amperios, y utilizando la fórmula para potencia eléctrica:

$P_e = \text{voltaje} * \text{amperaje. (voltios } \times \text{ amperios = wats).}$

$\text{Amperaje} = P_e / \text{voltios.}$

Calibre del conductor: este calibre va a depender de la corriente en amperios que circule por él, clasificados según su sección en milímetros cuadrados, así será el calibre AWG.

Tipo de forro del conductor: dependiendo de las características de instalación referente a la humedad y la temperatura, se define el tipo de forro de los conductores. Los más corrientes son: TA, THW, TW; el TA es un forro termoplástico y de asbesto, que permite conducir la corriente en temperaturas hasta 90°C. El THW es un forro termoplástico, que resiste a la humedad y a temperaturas hasta 60°C.

CALCULOS TEORICOS:

Si se asume una potencia de 0.4 HP = 298 wats, se tiene:

$I = 298 \text{ V} * A / 12 \text{ V, por lo que } I = 25 \text{ A.}$

Donde: V = voltios. A = amperios. I = corriente.

al consultar tablas, se observa que para 25 amperios, se puede utilizar cable No. 14 THW. En la práctica, se utilizó para línea viva alambre de cobre calibre 10 THW para conectar de batería a regulador y de regulador a alternador.

FORMA DE OPERACION:

la transformación de la energía mecánica, en energía eléctrica se produce al funcionar la turbina, que hace girar al rotor. Éste recibe energía eléctrica de la batería, a través de la caja de reguladores, produciendo un campo magnético, que al girar induce en las espiras del estator una tensión alterna.

Cuando la tensión generada alcanza un valor mayor que el de la batería, se producirá una circulación de corriente en los diodos. La conexión es directa a la batería, pues no hay disyuntor intercalado en el circuito.

3.3.2 DE BATERIA A REGULADOR

Como anteriormente se menciona, la conexión de batería a alternador, debe primeramente pasar por el regulador y posteriormente al alternador, para que se produzca el campo magnético en el rotor.

3.3.2.1 MATERIALES USADOS Y FORMA DE OPERACION

MATERIALES USADOS: cable No. 10 THW según cálculos realizados anteriormente.

FORMA DE OPERACION: el regulador de tensión para el alternador funciona cuando la tensión excede el valor recomendado; el campo magnético del electroimán atrae la armadura con el platino móvil, y se intercala la resistencia en serie con el sistema inductor, con lo que reduce la tensión de salida del alternador. Esta caja no tiene disyuntor pues los diodos rectificadores del alternador, impiden la circulación de corriente de la batería, a los embobinados del estator.

3.3.3 INSTRUMENTOS UTILIZADOS

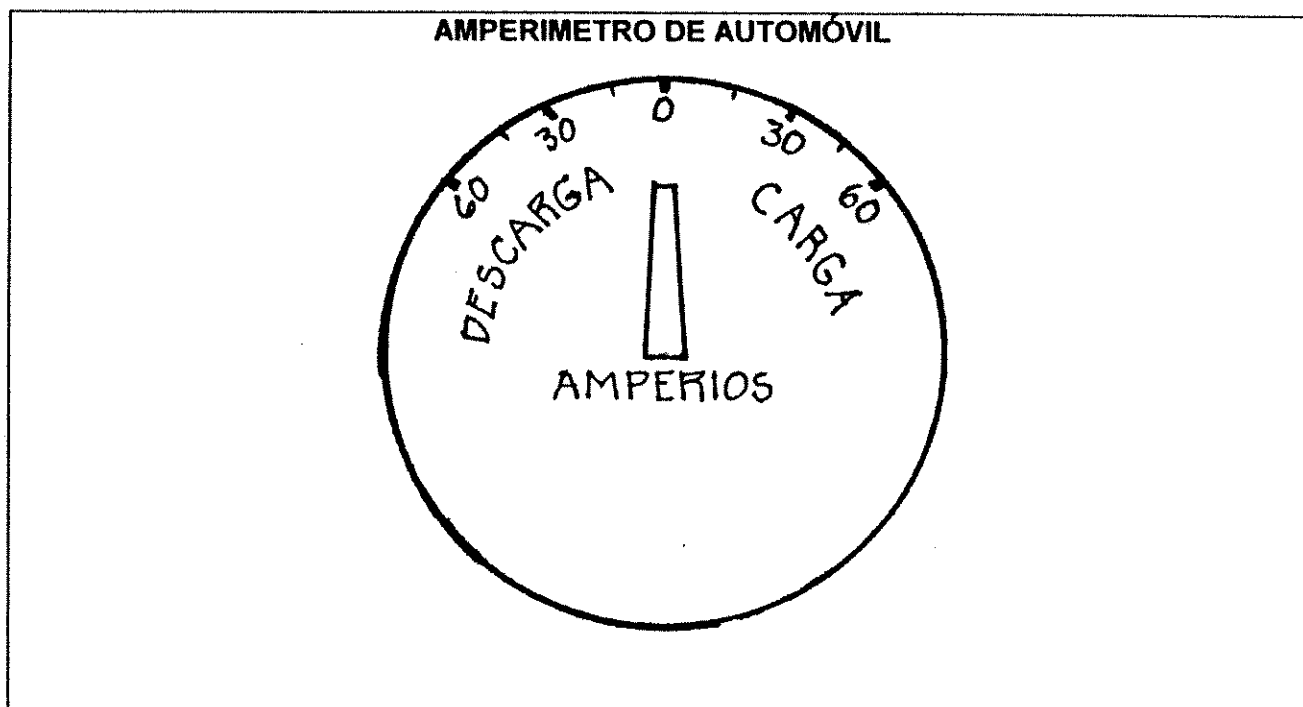
Básicamente los instrumentos utilizados son de medición, que como su nombre lo indica, mide voltaje y corriente.

3.3.3.1 AMPERIMETRO Y VOLTIMETRO

AMPERIMETRO: este aparato de medición; se coloca en serie entre la línea A del alternador y el positivo de la batería. (figura No. 3-3).

Se usa en el montaje un amperímetro de automóvil, el cual está graduado de -60 a 60 amperios (ver figura No. 3-6).

FIGURA No. 3-6



Héctor Gómez.

VOLTIMETRO: este aparato de medición será colocado paralelo entre el positivo y el negativo de la batería, con el fin de medir el voltaje de misma. Se usa para el voltaje de la microcentral un voltímetro con escala de 0 a 18 voltios de graduación, de uso automotriz.

CAPITULO No. 4

PRUEBAS DE LABORATORIO PARA GENERAR 12 VOLTIOS

En las pruebas realizadas en el laboratorio de Hidráulica de la facultad de Ingeniería de la U.S.A.C., se utilizaron dos bombas centrífugas automotrices de agua, una de alabes rectos transformada a turbina Pelton y la otra de alabes curvos, transformada a turbina Francis, y dos bombas centrífugas de uso doméstico e industrial, una de marca Sta. Irte C-1 de ½ a 2 HP de potencia, y la otra de marca Red Jacket de 3 a 5 HP de potencia; en total fueron cuatro pruebas.

4.1 BOMBA CENTRÍFUGA AUTOMOTRIZ

Al utilizar la bomba centrífuga automotriz, transformada a turbina mediante la inversión del flujo del agua en su interior y algunas modificaciones en su carcasa, se realizaron dos pruebas.

4.1.1 BOMBA DE ALABES RECTOS TRANSFORMADA A TURBINA PELTON

Para la primera prueba, se utilizó una bomba centrífuga con alabes rectos, a la cual se le realizaron los cambios necesarios para semejarla a una turbina Pelton.

EQUIPO DE LABORATORIO UTILIZADO:

- a) Bomba centrífuga automotriz de alabes rectos.
- b) Estroboscopio con capacidad de 150 a 5000 RPM (bastante confiables los datos obtenidos con este aparato). colaboración del I.C.A.I.T.I.
- c) Amperímetro de corriente directa (CD) de uso automotriz, con escala de lectura de -60 a 60 amperios.
- d) Voltímetro (tester) trabajando con corriente directa.
- e) Caudalímetro de volumen rectangular, con dimensiones de 0.85 metros * 0.84 metros.
- f) Bomba de laboratorio, utilizada para generar la altura de presión utilizada en las pruebas.
especificaciones: Westinghouse, pot. 5 HP, tubería: succión ϕ 2 pulgadas, descarga ϕ 1. ½ pulgadas.

g) Manómetro con escala de medición de 0 a 15 PSI.

h) Alternador automotriz Hitachi con 8 pares de polos.

i) Regulador de voltaje automotriz.

j) Banda en V: transmisora de movimiento.

k) Batería (acumulador) de automóvil de 12 voltios.

El movimiento de los alabes se logró utilizando dos chorros con tobera, pegando el agua en forma casi perpendicular a los alabes.

Se pueden observar (tabla 4-1 y 4-2) los datos obtenidos tanto experimentalmente como los calculados. Para calcular los datos, se utilizaron las siguientes fórmulas:

a) Potencia hidráulica: es la potencia generada por la caída de agua. Ph. (metros).

$$Ph = \frac{Q * H * \gamma}{75 \eta} \text{ C.V.}$$

b) Potencia eléctrica: potencia generada por el alternador. Pe

$$Pe = V * I.$$

c) Caudal: volumen de fluido que pasa por una sección transversal de la tubería en una unidad de tiempo. Q = metros³ / segundo.

$$Q = \text{volumen} / \text{tiempo, donde: volumen} = A * H \text{ (metros}^3 \text{)}.$$

Donde:

Q = caudal. Metros³ /segundo.

H = altura total. Metros.

V = voltaje. Voltios.

I = amperaje. Amperios.

A = área transversal del Caudalímetro.

γ = peso específico. Kilogramos / metros³.

η = Eficiencia = 1.

TABLA No. 4 - 1

DATOS EXPERIMENTALES DE BOMBA DE ÁLABES RECTOS TRABAJANDO COMO TURBINA PELTON

PRESION lb / plg ²	H metros	A AREA mt	PROMED. TIEMPO seg.	PROMED. H metros	RPM TURBINA N	RPM ALTERN. N	Vol = A * H VOLUMEN metros	Amperios amp.	Voltios volt.
22	15.5	0.714	49.701	0.139	empieza	a girar	0.0990	-----	-----
32	22.53	0.714	47.838	0.155	500	1100	0.1109	0.20	1.50
36	25.35	0.714	49.4870	0.192	875	1800	0.1367	0.75	3.00
40	28.16	0.714	48.905	0.209	1100	2200	0.1492	1.25	5.00
42	29.57	0.714	51.088	0.235	1400	2750	0.1679	1.40	6.25
46	32.39	0.714	50.129	0.237	1425	2800	0.1692	2.00	8.00

Bomba automotriz de álabes rectos.

TABLA No. 4 - 2

DATOS CALCULADOS DE BOMBA DE ALABES RECTOS TRABAJANDO COMO TURBINA PELTON

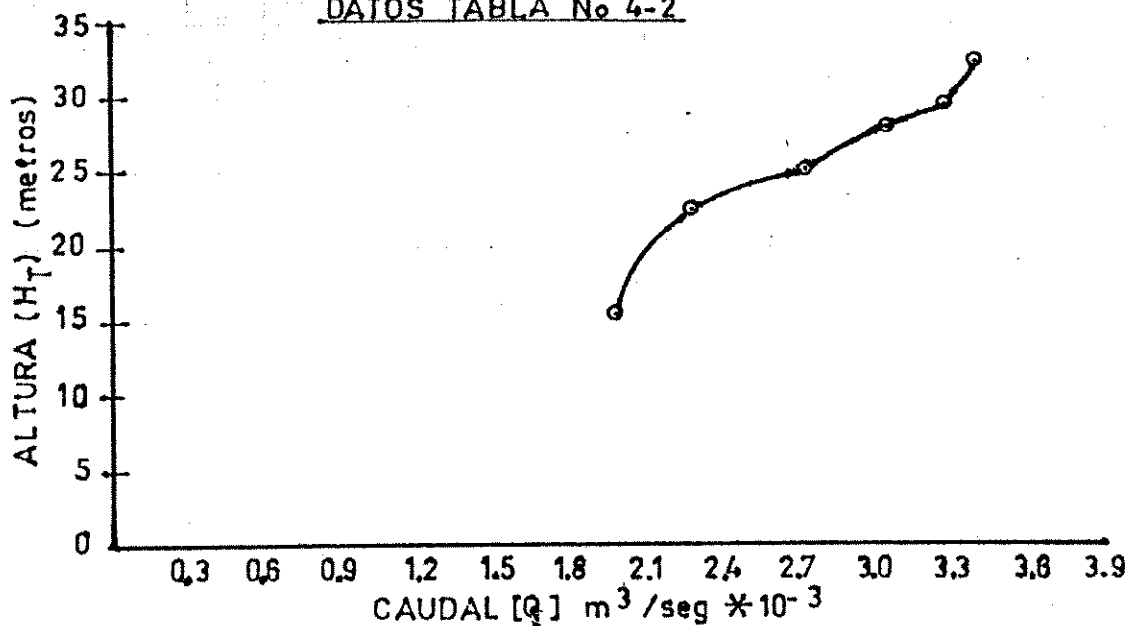
PRESION lb /plg ²	H metros	Q = Vol / t * E ⁻³ mts /seg.	Pot.Hidráulica Disponible. (Ph)	Pot. Eléctrica Wats. (Pe)	Eficiencia Pe / Ph
22	15.5	1.993	303.00	—	
32	22.53	2.318	512.3	0.30	0.06
36	25.35	2.763	687.10	2.25	0.33
40	28.16	3.053	843.32	6.25	0.74
42	29.57	3.284	952.72	8.75	0.92
46	32.39	3.376	1136.14	16.00	1.40

Bomba Automotriz de alabes rectos.

Bomba de álabes rectos trabajando como TURBINA PELTON

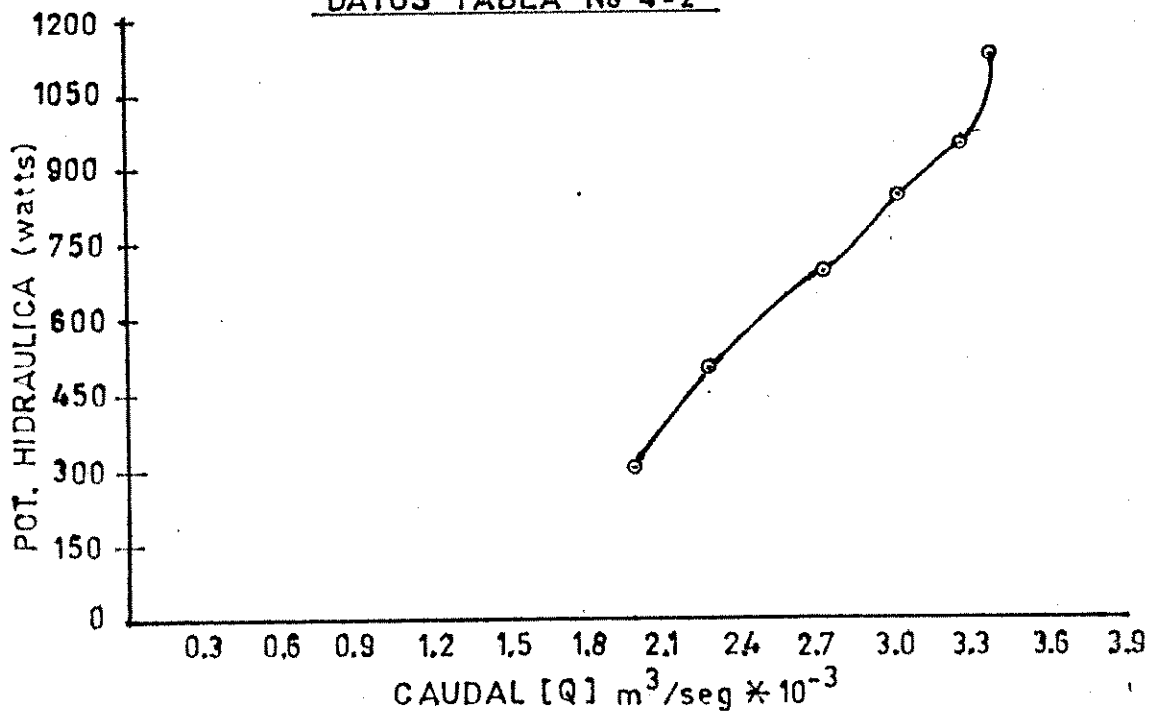
GRÁFICA No 1 ALTURA VRS CAUDAL

DATOS TABLA No 4-2



GRÁFICA No 2 POT. HIDRÁULICA VRS CAUDAL

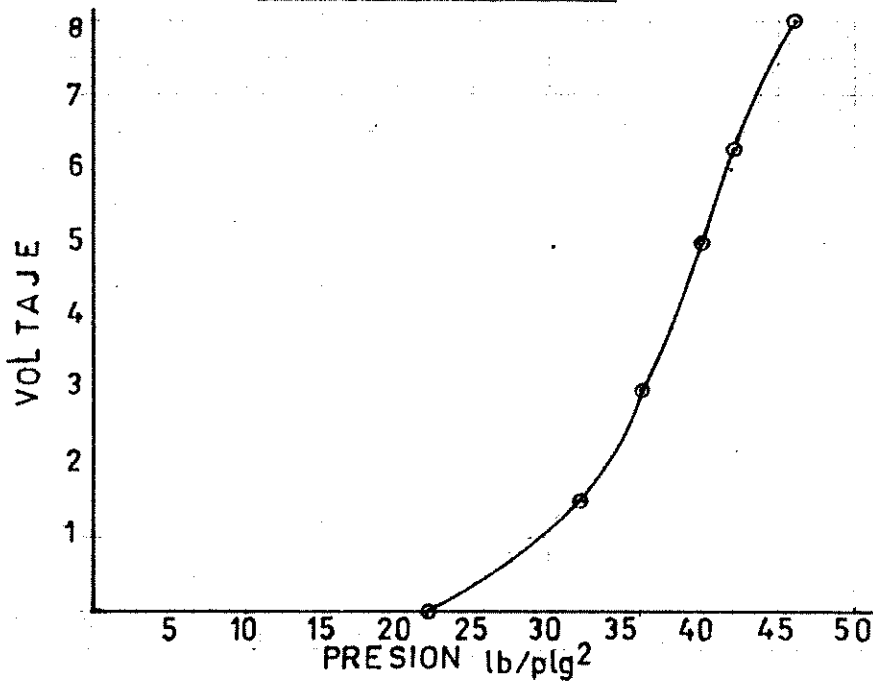
DATOS TABLA No 4-2



Bomba de álabes rectos trabajando como
TURBINA PELTON

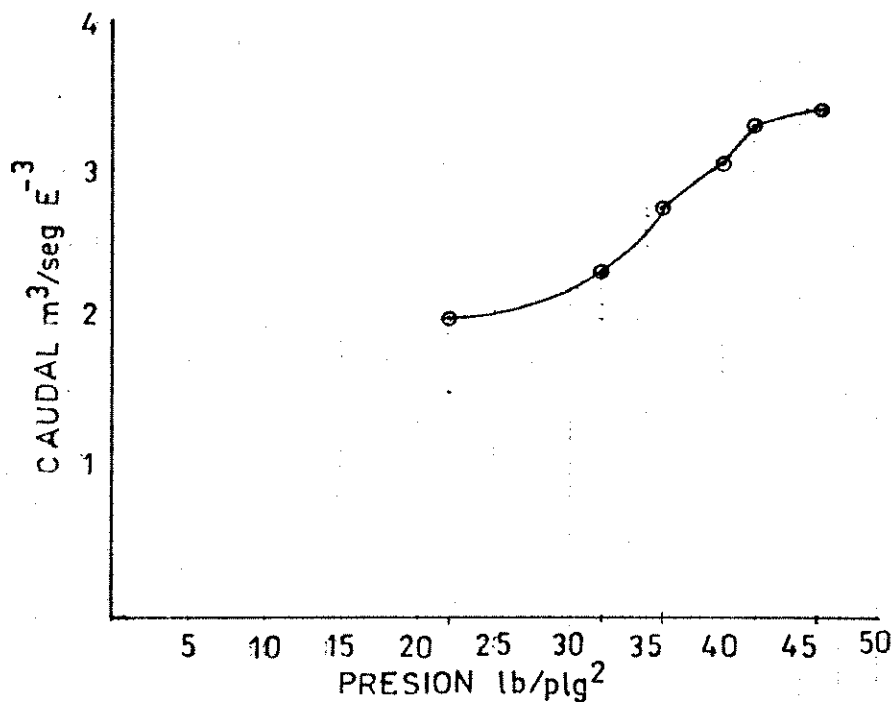
GRÁFICA No 3
VOLTAJE VRS. PRESIÓN

DATOS TABLA No 4-1



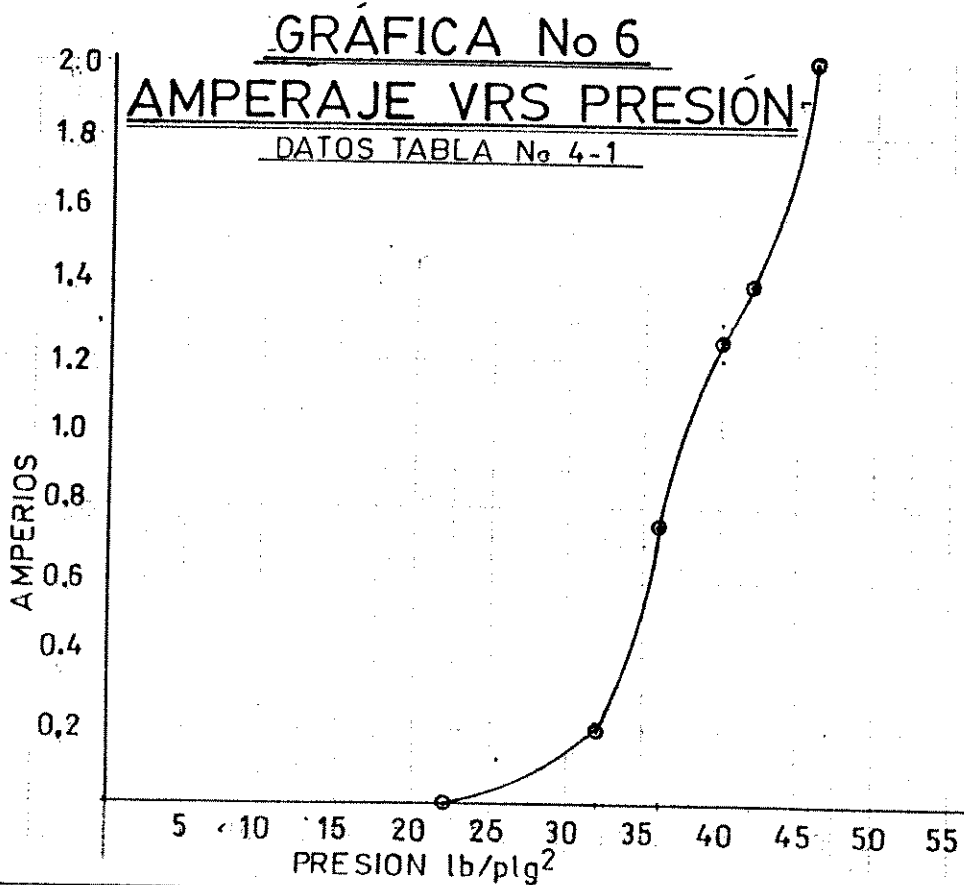
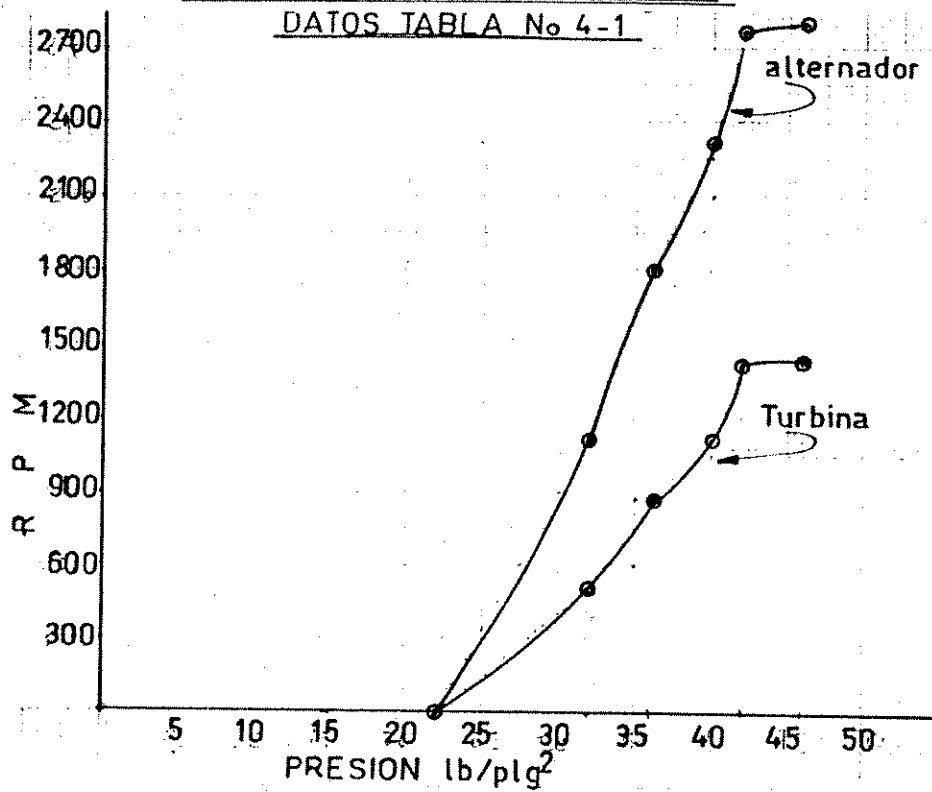
GRÁFICA No 4
CAUDAL VRS. PRESIÓN

DATOS TABLA No 4-2



Bomba de álabes rectos trabajando como TURBINA PELTON

GRÁFICA No 5 RPM VRS PRESIÓN



ANALISIS DE RESULTADOS

Se observa (tabla 4-1) que la altura de caída de agua es demasiada para lograr producir muy poco voltaje y amperaje. Pero es posible en nuestro medio encontrar caídas de agua que cumplan con los requisitos de este tipo de turbina, y por lo tanto podrían utilizarse para generar esta energía. Sin embargo, al analizar la eficiencia de la microcentral (ver tabla 4-2 y gráfica 4-1), se llega fácilmente a la conclusión de que es inoperante debido a que se lograría máximo 1.40% de eficiencia que está muy por debajo de un 80% a un 85% de eficiencia, que es el porcentaje aceptable de una central eléctrica para que esta sea eficiente.

Respecto al voltaje y amperaje obtenidos (tabla 4-1) se observa que el amperaje no es suficiente para suministrar energía eléctrica a una vivienda rural porque la demanda sería mayor que la producción.

en conclusión, el uso de éste tipo de turbina, sería útil únicamente para cargar la batería durante el día y que esta suministrara energía durante la noche.

4.1.2 BOMBA DE ALABES CURVOS TRANSFORMADA A TURBINA FRANCIS

Para esta prueba, se utilizó una bomba centrífuga automotriz con alabes curvos hacia adelante; a dicha bomba se le realizaron los cambios necesarios para semejarla a una turbina Francis, haciendo circular el agua dentro de la turbina en forma contraria a como circula en una bomba; en otras palabras, el agua ingresa en la tubería de descarga y sale por la tubería de admisión en la bomba.

A continuación, están los datos experimentales obtenidos en laboratorio, así como también los cálculos realizados.

Los datos obtenidos muestran que este tipo de bomba transformada no produce la potencia necesaria para que el alternador genere la corriente y voltaje suficientes para recargar la batería. Ver tabla No. 4-3. si se observa en esta misma tabla, la corriente máxima obtenida en relación

con la caída de agua suministrada, fácilmente se llega a la conclusión de que la eficiencia de la turbina es demasiado baja y que la altura de caída de agua que se necesita es muy alta, por lo tanto, la producción de energía eléctrica no justifica el costo y ensamble del equipo.

También es muy importante hacer notar que el eje de esta turbina gira a una velocidad angular aceptable. Obsérvense los datos de altura de agua y RPM obtenidos para turbina y alternador, respectivamente (tabla No. 4-3), lo cual indica que el rotor del alternador si gira a las RPM necesarias para generar mayor corriente; pero al conectar directamente a la línea de campo del alternador una bombilla de 12 wats; esta demanda de corriente hace que la turbina reduzca brevemente sus RPM al aumentar la demanda de wats y se detiene totalmente, por lo que se concluye que la velocidad en la turbina es aceptable, pero no tiene el torque necesario para mantener la demanda del alternador.

Refiriéndonos nuevamente a la tabla No. 4-3, se observa que tanto turbina como alternador tienen RPM muy bajas cuando la presión del Manómetro indica 8 PSI. (presión máxima), cuando supuestamente la bomba generadora de altura de presión trabaja con su máxima potencia. (40 PSI). Esta presión no es suficiente para generar un amperaje y un voltaje significativo que merezca la pena analizar; por esta razón realizar gráficas de presión, potencia, RPM, carecen de importancia, pues sabemos que el producto del voltaje por el amperaje dan potencia eléctrica; que es el objetivo de estas pruebas.

TABLA No. 4 - 3

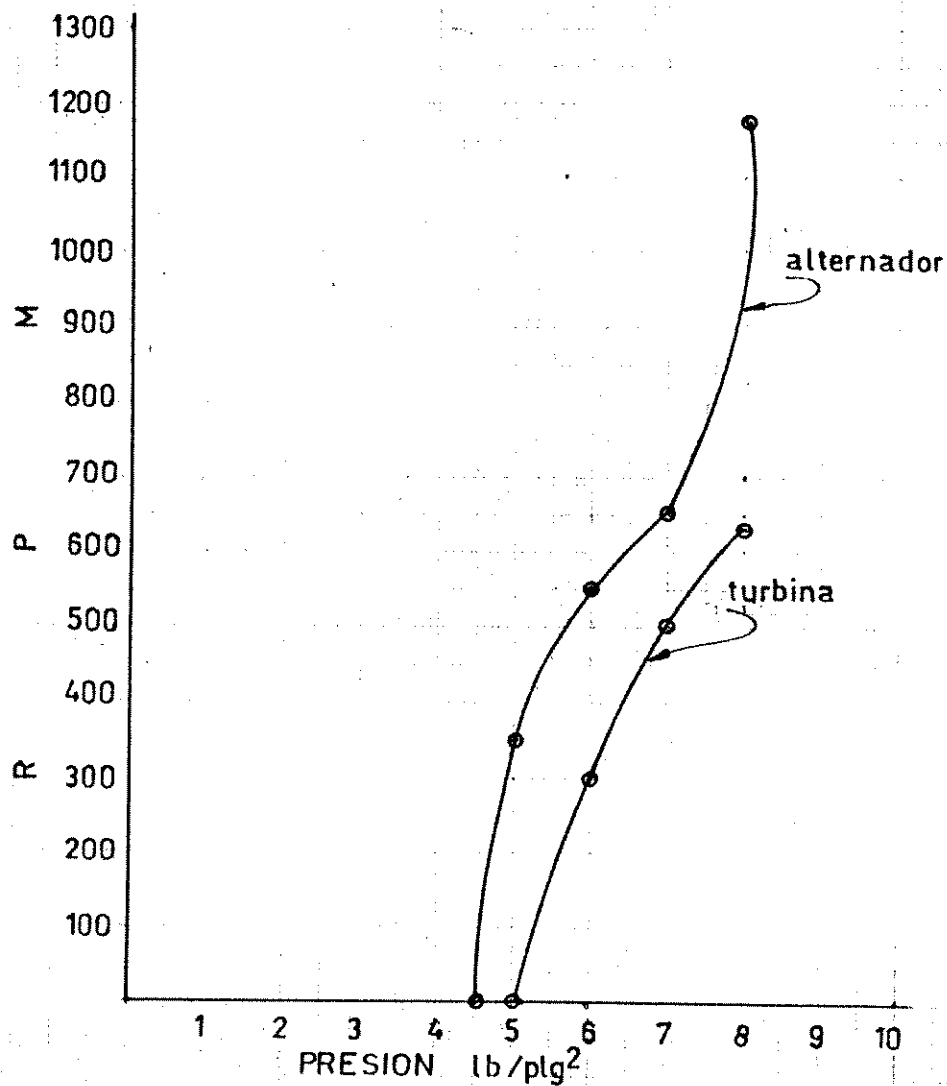
DATOS EXPERIMENTALES DE BOMBA AUTOMOTRIZ DE ALABES CURVOS HACIA ADENTRO UTILIZADA COMO TURBINA
FRANCIS

PRESION lbs / plg ²	H metros	RPM TURBINA N1	RPM ALTERN. N2	AMPERIOS Amp.	VOLTIOS Volt.
4.50	3.17	empieza a girar	empieza a girar	_____	_____
5.00	3.52	_____	350	micro	micro
6.00	4.22	300	550	micro	micro
7.00	4.93	5.00	6.50	micro	micro
8.00	5.63	625	1175	micro	micro

Bomba automotriz alabes curvos hacia dentro.

Bomba de álabes curvos trabajando como TURBINA FRANCIS

GRÁFICA No 7
RPM VRS PRESIÓN
DATOS TABLA No 4-3



4-2 BOMBA CENTRIFUGA DE USO DOMESTICO TRANSFORMADA A TURBINA

Se realizaron dos pruebas utilizando bomba centrífuga de uso doméstico e industrial, una bomba Sta. Rite C-1 y una bomba Red Jacket.

4.2.1 BOMBA STA RITE C-1 A TURBINA

Equipo de laboratorio utilizado

- a) Bomba Sta. Rite C-1 de ½ a 2 HP de potencia, con rodete o impulsor semiabierto.
- b) Estroboscopio, escala de lectura de 150 a 5000 RPM.
- c) Amperímetro de corriente directa de uso automotriz escala de lectura de -60 a 60 amperios.
- d) amperímetro (tester) trabajando en corriente directa (D.C.)
- e) Medidor de caudal: vertedero triangular.
- f) Bomba generadora de altura de presión: (la misma utilizada para las cuatro pruebas).
- g) Manómetro, escala de lectura de 0 a 100 PSI.
- h) alternador Hitachi, con 8 pares de polos.
- i) Regulador de voltaje: tipo automotriz.
- j) Batería (acumulador) automotriz de 12 voltios.

La transformación de bomba a turbina se logró invirtiendo el sentido del chorro de agua en el interior de la bomba.

En las tablas No. 4-4 y No. 4-5, están los datos experimentales y calculados. Para calcular los datos, se utilizaron las siguientes fórmulas:

Potencia Hidráulica: potencia generada por la caída de agua, también conocida como potencia disponible. Ph.

$$Ph = \frac{Q * H * \gamma}{75} = 0.0133 Q * H. \text{ C.V.}$$

Q = caudal. Metros³ / segundo. γ = peso específico. kilogramos / metros³.

b) Potencia eléctrica: potencia generada por el alternador. P_e

$$P_e = V \cdot I \text{ watts}$$

c) Cálculo de caudal en vertedero triangular

c.1 Caudal teórico Q_T . Metros³/segundo

$$Q = \frac{8}{15} \cdot \frac{\text{tg} \alpha}{2} \cdot h_t^2 \cdot (2gh)^{1/2}$$

c.2 Caudal real Q_R . Metros³/segundo.

$$Q_R = C_q \cdot Q_T$$

Donde:

1 C.V. = 0.736 Kw = 736 Watts.

H_t = Altura total de presión.

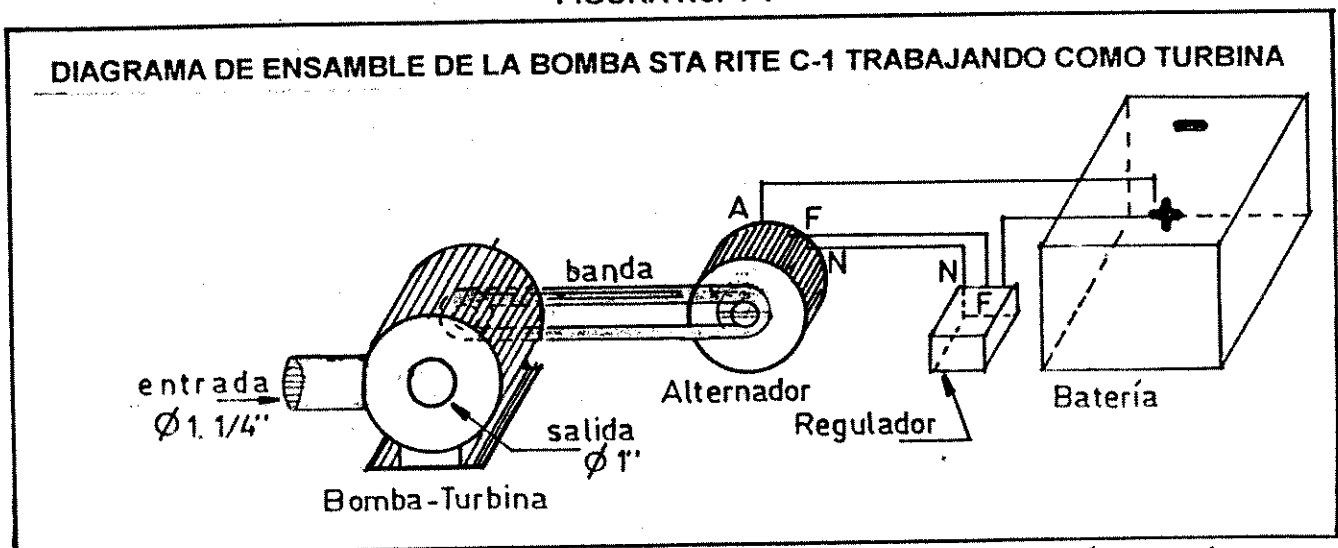
V = voltios.

I = amperios.

h_t = altura de vertedero triangular (figura No. 5-4) metros.

C_q = coeficiente de descarga adimensional.

FIGURA No. 4-1



Héctor Gómez

TABLA No. 4 - 4

DATOS EXPERIMENTALES DE BOMBA STA RITE C - 1 TRABAJANDO COMO TURBINA

PRESION Lbs / P _{lg} ²	Ht metros	PROMEDIO h = H - Y metros	PROMEDIO RPM Turbina N _t	PROMEDIO RPM Alternador N ₂	PROMEDIO AMPERIOS amp.	PROMEDIO VOLTIOS volt.
10	7.05	0.065	200	175	2.50	12.58
15	10.56	0.082	275	200	4.70	13.50
20	14.08	0.096	750	550	6.93	14.00
25	17.60	0.104	900	1000	9.57	14.75
30	21.12	0.108	1925	2233	12.13	15.50
35	24.64	0.115	2260	2590	15.00	16.00
40	28.16	0.124	23 10	27 25	17.00	16.00

Bomba Sta. Rite C-1; rodete semiabierto de ½ a 2 HP de potencia

TABLA No. 4 - 5
DATOS TEORICOS Y REALES DE BOMBA STA. RITE C - 1 TRABAJANDO COMO TURBINA

PRESION. Lbs / Plg ²	CAUDAL TEORICO m ³ /seg. * E ⁻³ Qt	CAUDAL REAL m ³ /seg. * E ⁻³ Qr	POT. HIDRAU. Disponibile Ph Teórica wats	POT HIDRAU. Disponibile Ph real wats	POTENCIA ELECTRICA Pe wats.	% EFICIENCIA Pe / Ph η teórica.	% EFICIENCIA Pe / Ph η real
10	1.11	0.655	76.42	45.33	31.45	41.15	69.38
15	1.99	1.18	205.94	122.12	63.45	30.81	51.96
20	2.99	1.73	413.13	238.96	97.02	23.48	40.60
25	3.67	2.18	633.47	376.40	141.16	22.28	37.50
30	4.02	2.39	833.31	495.18	188.02	22.56	37.97
35	4.65	2.76	1124.72	667.14	240.00	21.34	35.97
40	5.69	3.37	1571.03	930.96	272.00	17.31	29.22

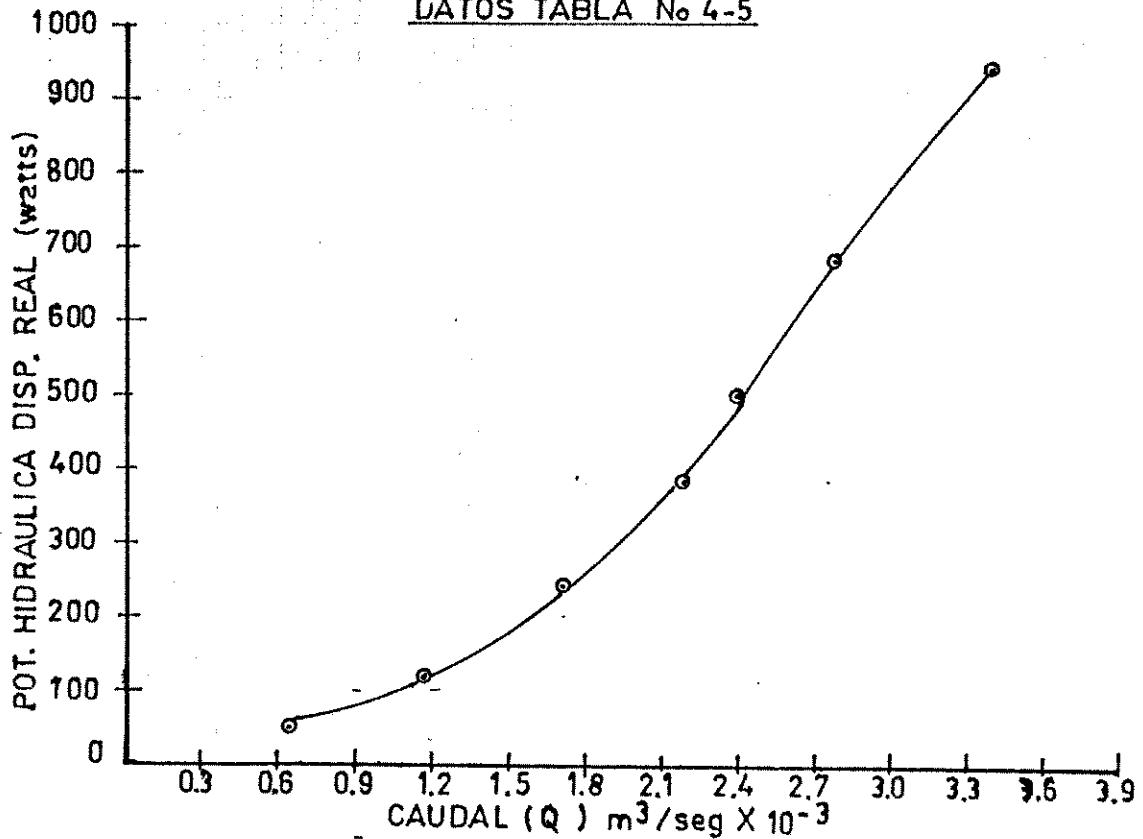
bomba Sta. Rite C - 1; rodete semiabierto de 1/2 a 2 HP de potencia

BOMBA STA RITE COMO TURBINA

GRÁFICA No 8

POTENCIA VRS CAUDAL

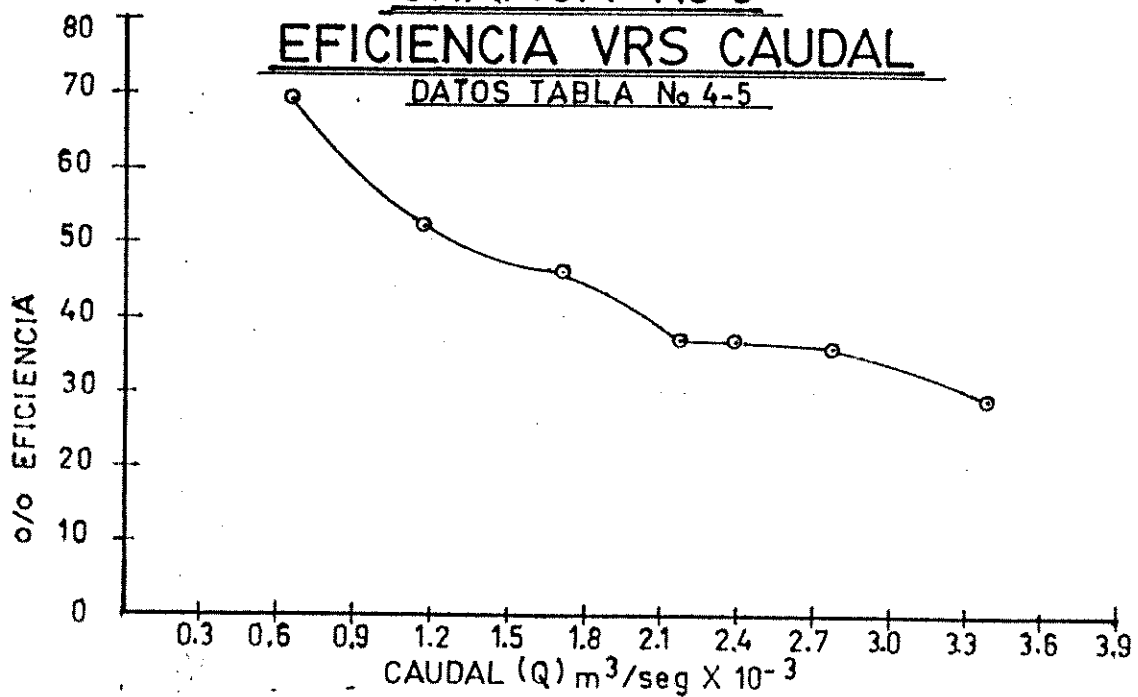
DATOS TABLA No 4-5



GRÁFICA No 9

EFICIENCIA VRS CAUDAL

DATOS TABLA No 4-5

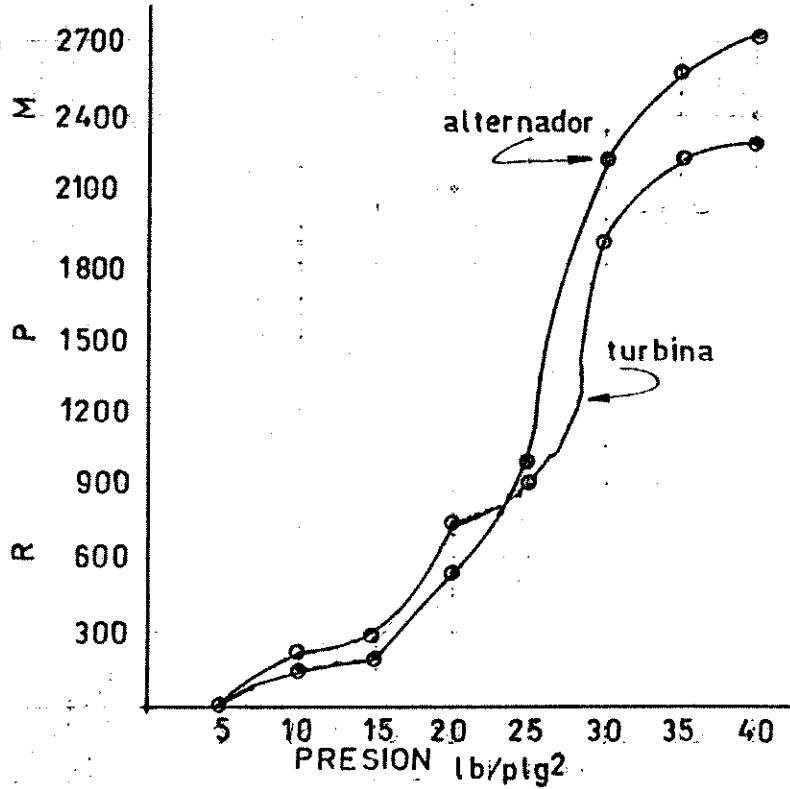


BOMBA STA RITE COMO TURBINA

GRÁFICA No 10

RPM VRS PRESIÓN

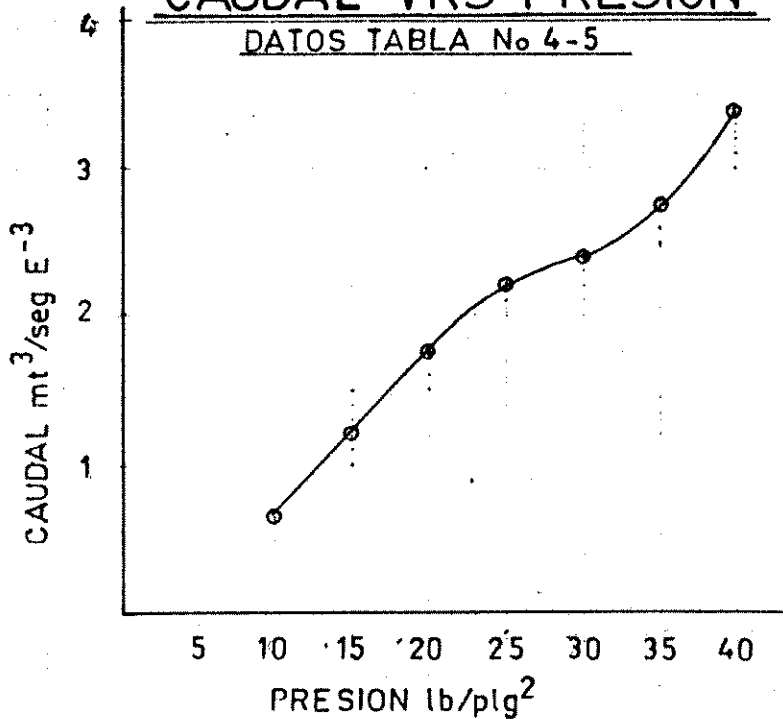
DATOS TABLA No 4-4



GRÁFICA No 11

CAUDAL VRS PRESIÓN

DATOS TABLA No 4-5

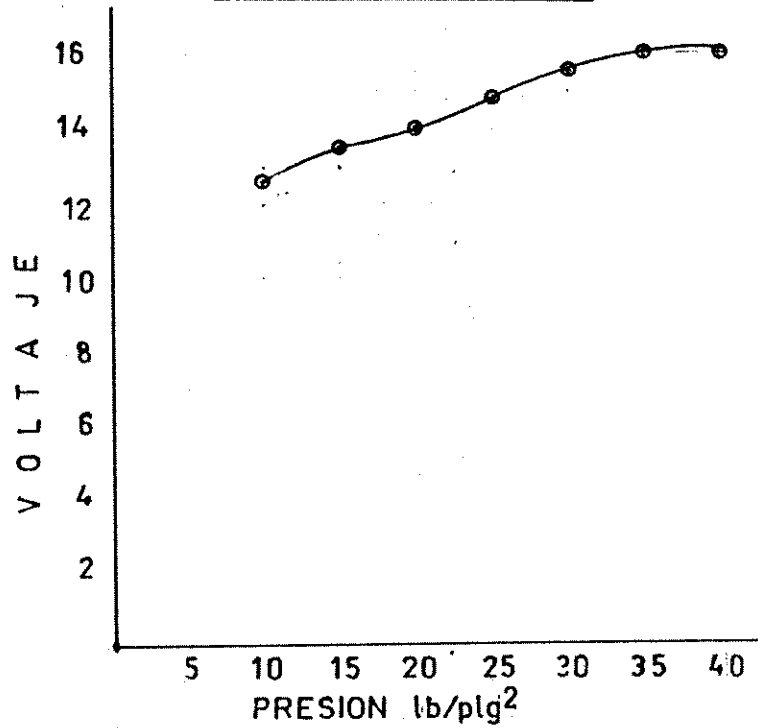


BOMBA STA RITE COMO TURBINA

GRÁFICA No 12

VOLTAJE VRS PRESIÓN

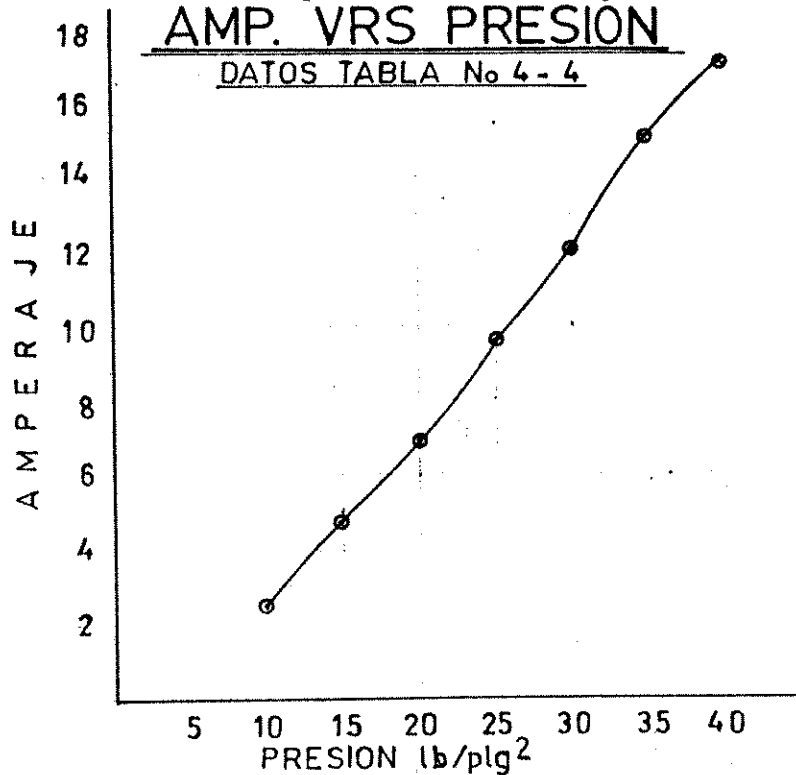
DATOS TABLA No 4-4



GRÁFICA No 13

AMP. VRS PRESIÓN

DATOS TABLA No 4-4

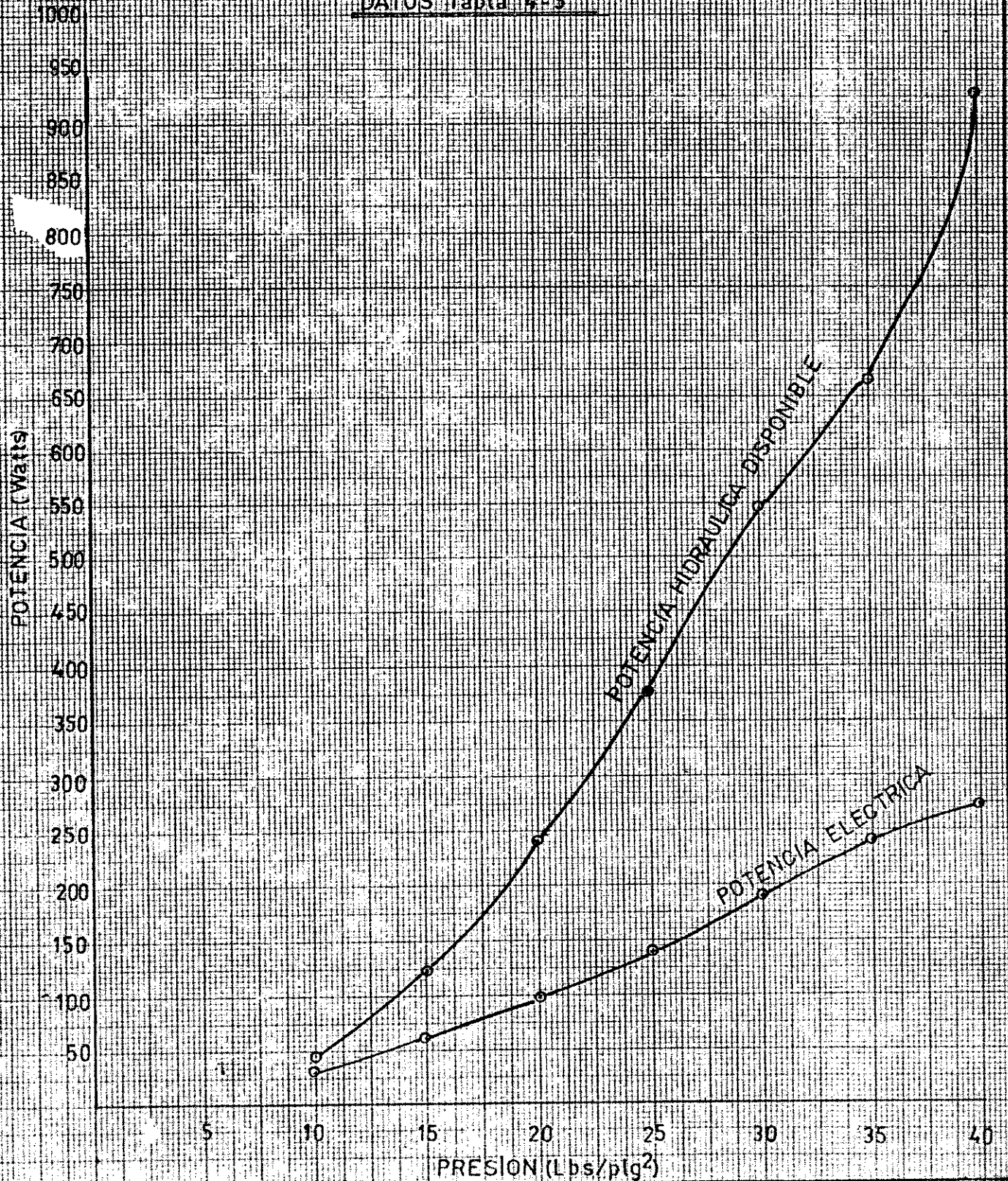


BOMBA STA RITE COMO TURBINA

GRÁFICA No 14

POTENCIA VRS PRESION

DATOS Tabla 4-5



ANALISIS DE RESULTADOS

a) Referente a la potencia hidráulica real y teórica, la potencia hidráulica teórica es mayor que la real, debido al coeficiente C_q .

b) La eficiencia se obtiene, según los datos de tabla No. 4-5, dividiendo la potencia eléctrica entre la potencia hidráulica real. Se observa que a medida que se aumenta la presión o altura de caída de agua, el porcentaje de potencia eléctrica en relación con la potencia hidráulica real disminuye de 69.38% para 10 PSI (7.05 metros) a 29.22% para 40 PSI (28.16) metros. con este dato se obtiene una conclusión muy importante:

Para fines de montaje de una microcentral, debe buscarse un balance donde se pueda aprovechar en potencia eléctrica por lo menos un 40% de potencia hidráulica, esto se logra aproximadamente con una presión de 20 PSI (14.08 metros); a esta presión se obtienen 97.02 wats de potencia eléctrica. (tabla No. 4-5).

c) el punto óptimo de operación elegido:

Eficiencia = 40%, energía real = 97.02 wats y $H_t = 14.08$ metros, de todos modos exige un caudal de 1.73 litros / segundo, o 1 tonel cada 2 minutos, que es bastante, por lo que:

- Disponibilidad de caudal es una limitante, si se busca dar servicio a varias viviendas.
- Es aplicable para una vivienda rural, que tenga una fuente de agua cercana; la energía sería suficiente para iluminar la vivienda con 3 bombillas de 75 wats para 12 voltios, las cuales se encuentran disponibles en el mercado o usar 3 bombillas de uso automotriz

4.2.2 BOMBA RED JACKET A TURBINA.

EQUIPO DE LABORATORIO UTILIZADO

a) Bomba Red Jacket, con potencia de 3 a 5 HP, con rodete o impulsor cerrado de dos tapaderas. (figura No. 2-13).

- b) Estroboscopio con capacidad de lectura de 150 a 5000 RPM.
- c) Medidor de caudal: vertedero triangular.
- d) Bomba generadora de altura de potencia hidráulica. La misma para las cuatro pruebas.
- e) Manómetro con capacidad de lectura de 0 a 100 Psi.
- f) Freno de Prony, colaboración del Ministerio de Energía y Minas.

Se transformó la bomba turbina, invirtiendo el sentido del chorro de agua en el interior de ésta. En las tablas No. 4-6 a 4-11, están los datos experimentales y calculados respectivamente. Para calcular los datos se utilizaron las siguientes fórmulas:

Potencia Hidráulica: potencia generada por la caída de agua; esta potencia es la potencia disponible P_h .

$$P_h = \frac{Q * H * \gamma}{75} \text{ C.V.} \quad \gamma = 1000 \text{ kilogramos / metros}^3.$$

Potencia al Freno: potencia obtenida con el freno de Prony. P_f

$$P_f = \frac{2 \pi P r n}{4500} = \frac{P r n}{716.3} \text{ HP. Donde:}$$

Q = caudal. Metros³/segundo.

H = altura total. Metros.

P = Peso registrado en la balanza (tara). Kilogramos.

Tara = peso del freno de prony = 2 libras.

r = brazo. Metros.

n = RPM.

1 libra = 0.4535924 kilogramos.

1 kW = 1.34 HP.

1 HP = 0.746 kW = 746 wats.

C) Potencia teórica en turbina: P_t

Es la potencia obtenida por fórmula:

$$P_t = \frac{\gamma Q H \eta_1}{75} \text{ C.V.}$$

η_1 = eficiencia teórica en turbina

$70\% \leq \eta_1 \leq 80\%$, se acepta 75%

D) Potencia en generador: P_g

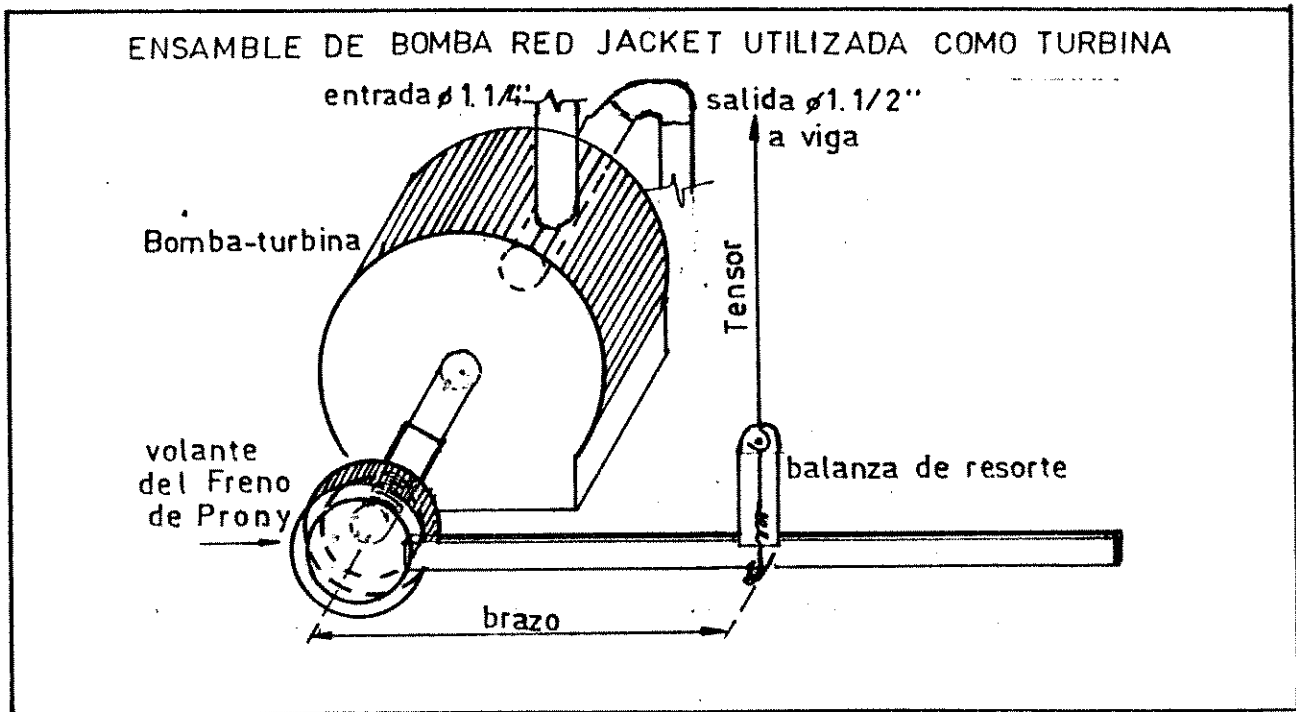
Es la potencia obtenida por fórmula:

$$P = \frac{\gamma Q H \eta_1 \eta_2}{75} \text{ C.V.}$$

η_2 = eficiencia teórica en generador

$\eta_2 \leq 90\%$, se acepta 90%

FIGURA No 4-2



Héctor Gómez

TABLA No. 4-6

DATOS EXPERIMENTALES DE BOMBA RED JACKET TRABAJANDO COMO TURBINA

PRESION lb /plg ²	H metros	PRUEBA 1		PRUEBA 2		PRUEBA 2		PROMED. LBS	Freno - tara.
		RPM TURBINA	LBS FRENO	RPM TURBINA	LBS FRENO	RPM TURBINA	LBS FRENO		
10	7.05	1100	2.00	1050	2.50	1075	2.25	0.25	
20	14.08	1700	5.00	1700	5.00	1700	5.00	3.00	
30	21.12	1900	6.00	1800	6.50	1850	6.25	4.25	
40	28.16	2050	7.50	2000	8.00	2025	7.75	5.75	

Bomba Red Jacket: rodete cerrado, de 3 a 5 HP de potencia.

Tara o peso del freno de Prony = 2 lbs.

TABLA No. 4 - 7

BOMBA RED JACKET TRABAJANDO COMO TURBINA

POTENCIA HIDRAULICA DISPONIBLE

PESO ESP. Kg. / metros ³	CAUDAL Metros ³ / seg. Q * E	Alt. de Pres. Metros H	EFICIENCIA %	POTENCIA CV.	POTENCIA WATS
1000	0.655	7.05	100	0.06	45.60
1000	1.73	14.08	100	0.33	239.04
1000	2.39	21.12	100	0.67	495.00
1000	3.37	28.16	100	1.27	930.41

TABLA No. 4 - 8

BOMBA RED JACKET TRABAJANDO COMO TURBINA

POTENCIA EN FRENO DE PRONY

PESO - TARA Kg.	BRAZO METROS	TURBINA r.p.m.	POTENCIA HP	POTENCIA Wats
0.11	0.21	1075	0.04	26.10
1.36	0.21	1700	0.68	485.65
1.93	0.21	1850	1.05	780.75
2.61	0.21	2025	1.55	1155.09

TABLA No. 4 - 9

BOMBA RED JACKET TRABAJANDO COMO TURBINA

POTENCIA TEÓRICA EN TURBINA

PESO ESP. Kg. / metros ³	CAUDAL metros ³ /seg. $Q \cdot E^{-3}$	ALTURA metros	EFICIENCIA η_1	POTENCIA C.V.	POTENCIA Wats
1000	0.66	7.05	0.75	0.05	33.96
1000	1.73	14.08	0.75	0.24	179.16
1000	2.39	21.12	0.75	0.51	371.43
1000	3.37	28.16	0.75	0.95	697.98

TABLA No. 4 - 10

BOMBA RED JACKET TRABAJANDO COMO TURBINA

POTENCIA EN GENERADOR

Peso esp. Kg. / metro ³	CAUDAL metro ³ / seg. $Q \cdot E^{-3}$	ALTURA metros	Eficiencia Turbina	Eficiencia Generador η_2	Potencia CV.	Potencia Wats.
1000	0.65	7.05	0.75	0.90	0.03	22.93
1000	1.73	14.08	0.75	0.90	0.22	161.24
1000	2.39	21.12	0.75	0.90	0.45	334.13
1000	3.37	28.16	0.75	0.90	0.85	628.18

TABLA No. 4-11

**BOMBA RED JACKET TRABAJANDO COMO TURBINA
COMPARACION Y DIFERENCIA DE POTENCIAS**

Pot. Hidrau disponible P_h Wats	Potencia al Freno P_f Wats	Pot. Teórica en turbina P_t Wats	Pot. teórica. generador P_g Wats	Dif. de pot. $P_f - P_h$ Wats	Dif. de pot. $P_f - P_t$ Wats
45.60	26.10	33.96	22.93	-19.50	-7.86
239.04	485.65	179.16	161.24	246.65	306.49
495.00	780.75	371.43	334.13	285.75	409.32
930.40	1155.09	697.98	628.18	224.68	461.11

potencia de bomba de laboratorio: = 5 HP.

De la tabla 4-11, se observa que a medida que aumenta la altura de caída de agua, la diferencia entre potencia al freno de Prony y potencia disponible, no muestra un cambio ascendente o descendente, siendo el menor valor obtenido con presión = 40 PSI (28.16 metros) dato de tabla No. 4-6.

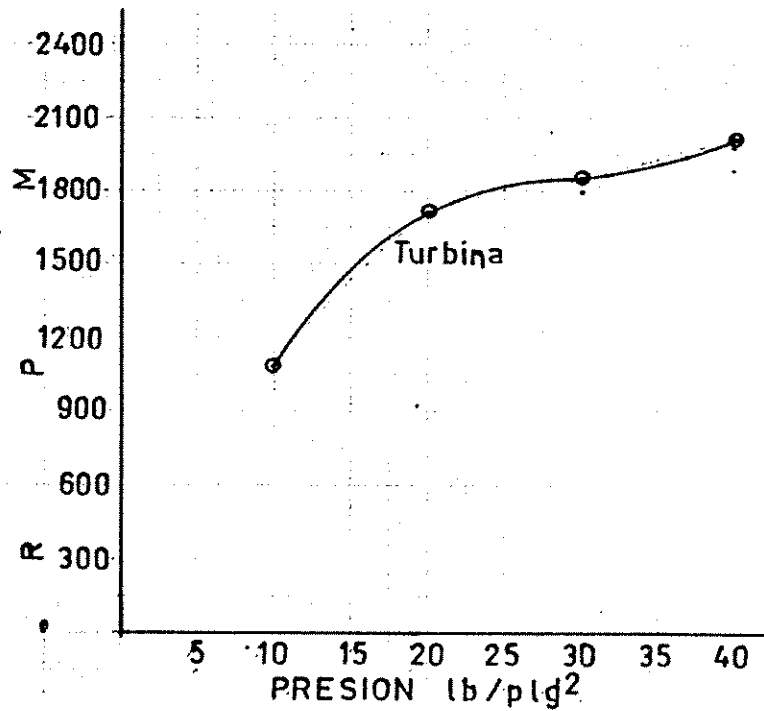
La potencia de turbina, (tabla No. 4-9) es la potencia que teóricamente genera la bomba Red Jacket trabajando como turbina; la máxima es de 697.98 wats que es bastante aceptable para iluminar cuatro viviendas rurales que no requieran mayor demanda de energía eléctrica.

Al comparar la potencia teórica obtenida con la bomba Red Jacket (697.98 wats) y la potencia obtenida por la bomba Sta. Rite C-1 (272 wats) , (véase tabla No. 4-5) trabajando bajo las mismas condiciones, se concluye que la bomba red Jacket es más eficiente.

BOMBA RED JACKET COMO TURBINA

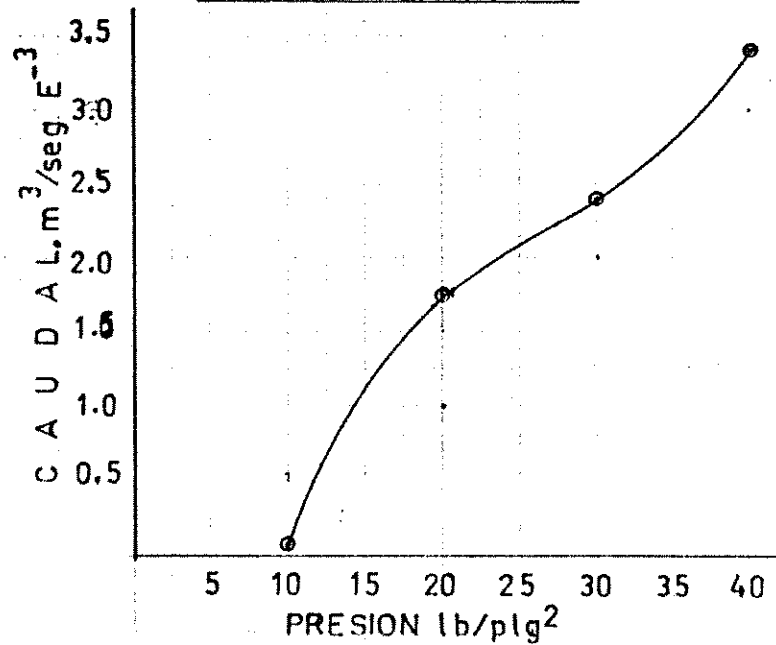
GRAFICA No 15 RPM VRS PRESION

DATOS TABLA No 4-7



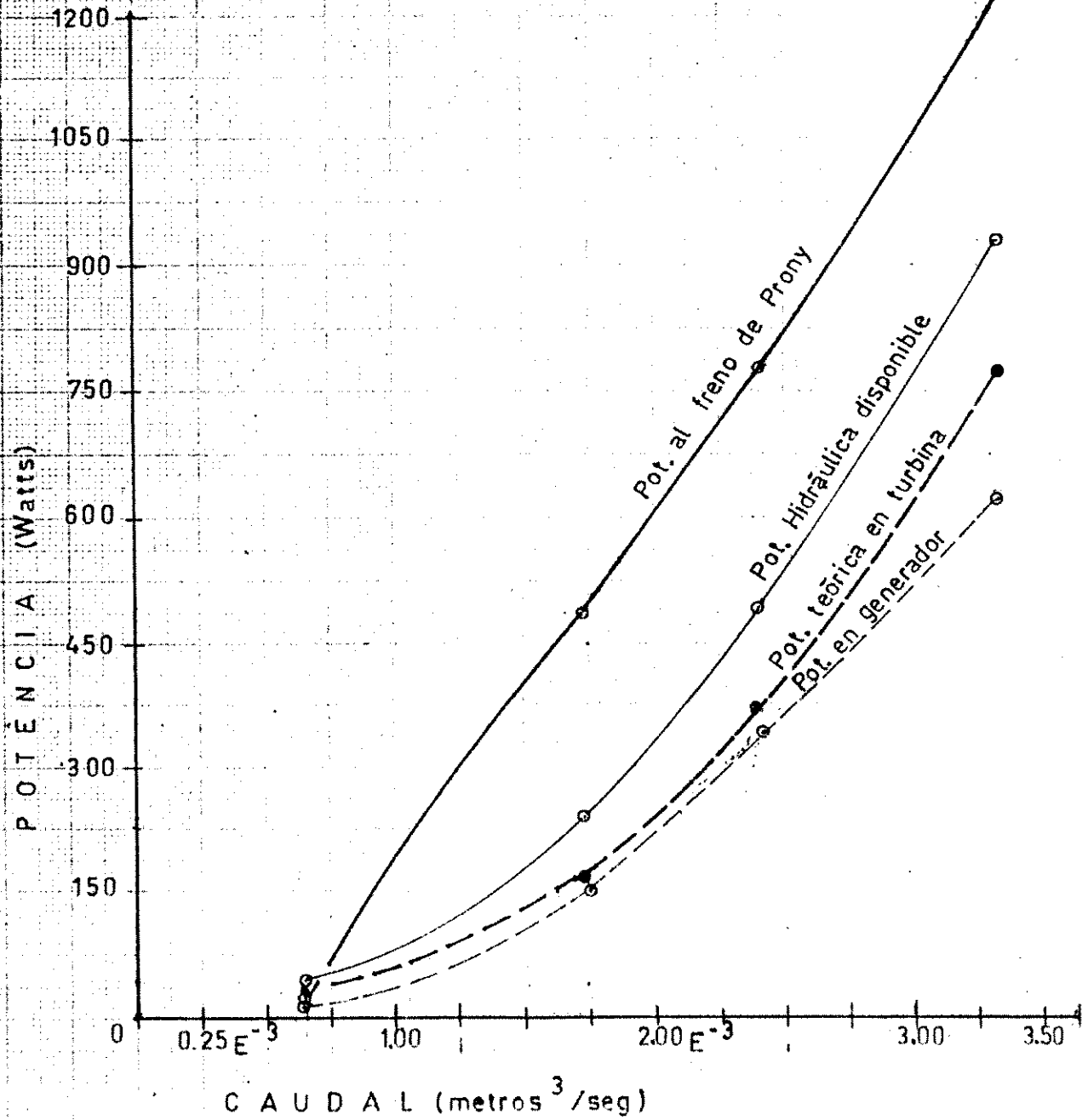
GRAFICA No 16 PRESION VRS CAUDAL

DATOS TABLA No 4-7



BOMBA RED JACKET COMO TURBINA

GRAFICA No 17
POTENCIA VRS. CAUDAL
DATOS TABLAS No 4-7 A 4-10

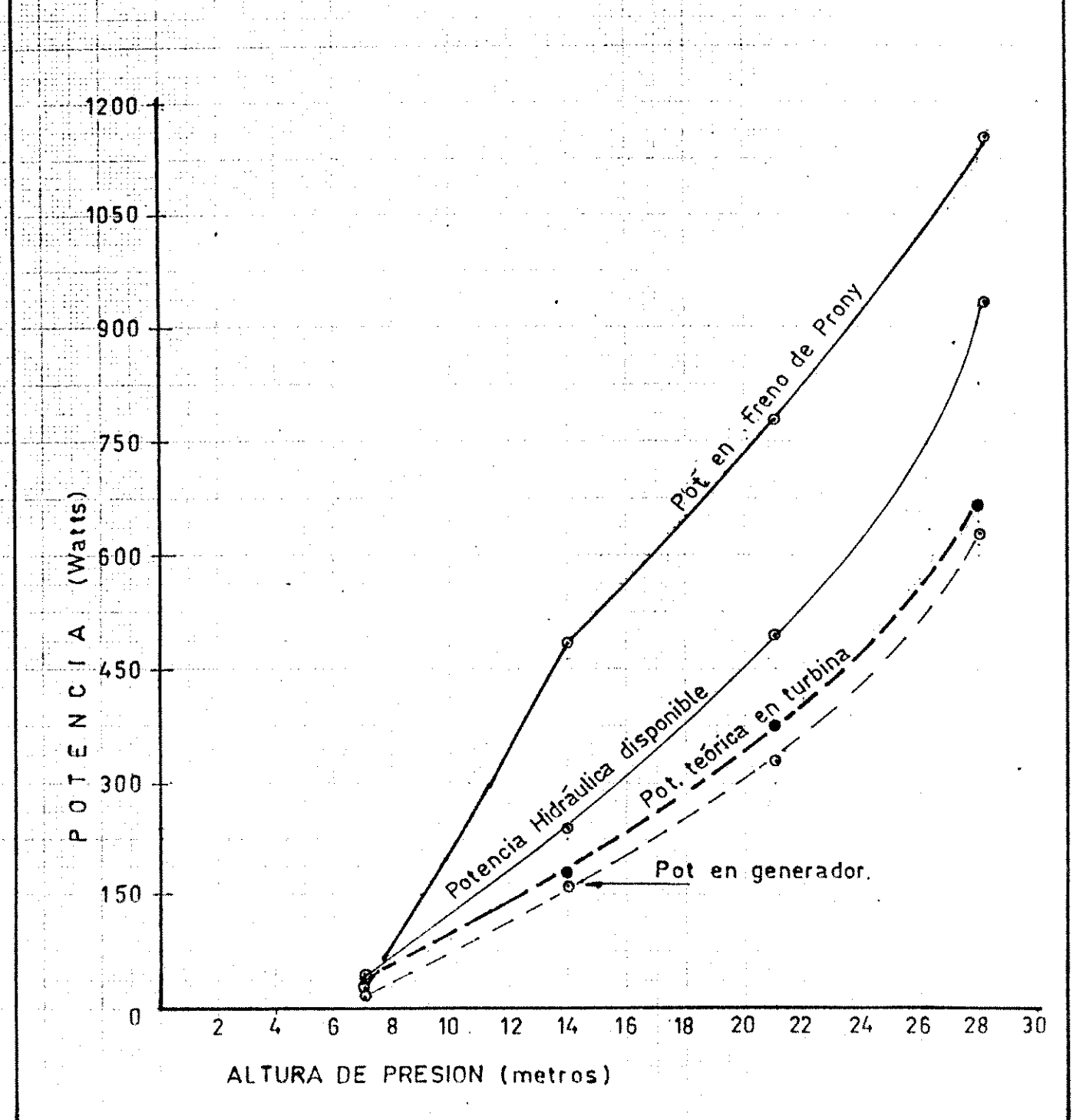


BOMBA RED JACKET COMO TURBINA

GRAFICA No 18

POTENCIA VRS. ALTURA DE PRESION

DATOS TABLAS No 4-7 A 4-10



ANALISIS DE RESULTADOS

Al realizar el análisis correspondiente (tabla No. 4-7 y gráfica No. 13), se observa que la potencia al freno es mayor que la potencia hidráulica disponible, lo cual va en desacuerdo con la ley de la conservación de la energía, esto es debido a imprecisión en la lectura de la balanza del freno de Prony, debido a la vibración de acuerdo con el siguiente hallazgo:

DEFINICION DE FRENO DE PRONY: es un tipo bastante elemental que va de 1 a 100 HP y requiere la carga constante, y debido también a la disipación de calor, el uso de éste aparato está limitado únicamente al laboratorio y a la enseñanza.

Al comparar datos de potencia al freno (tabla No. 4-7) de bomba Red Jacket transformada a turbina con los datos de potencia eléctrica (tabla No. 4-5) de bomba Sta. Rite C-1 transformada a turbina, se observa que la potencia obtenida con la Red Jacket es mucho mayor que la obtenida con la Sta. Rite; esto es debido a que la Red Jacket es de mayor HP de potencia, por lo que se concluye que a mayor potencia de bomba, mayor potencia cuando esta trabaja como turbina.

Al realizar el análisis correspondiente (tabla No. 4-7 y gráfica No. 13), se observa que con una presión de 30 libras (21.12 metros) se obtiene la potencia al freno de 586.24 wats, que es suficiente para satisfacer los servicios de electricidad en una vivienda rural, y si vemos la altura de caída de agua se observa que es difícil de encontrar en nuestro país.

Aunque al ir aumentado la altura de caída de agua, la potencia aumenta (gráfica No. 13) se consideró que con obtener casi un kilowat de potencia eléctrica, es suficiente para el servicio residencial, y aproximadamente para más de ocho viviendas rurales; por lo que la caída de 21.12 metros, produce casi todo esto y además el valor de las RPM de la turbina (1900) es suficiente para mantener el alternador girando a RPM aceptables para producir energía.

Con este tipo de bomba, se puede esperar una mayor eficiencia que la hace más apropiada, y además es de hacer notar que la inversión sería solo una vez, ya que dándole un mantenimiento

adecuado ésta puede durar bastante tiempo en servicio y con el tiempo el costo del equipo sería compensado por el servicio que presta.

Algo que no ha sido comentado es el caudal, porque es posible que se encuentren caídas con mayor caudal que el utilizado en el laboratorio, que aumentaría la potencia hidráulica y por lo tanto aumentaría la potencia eléctrica ya que la potencia hidráulica ($P_h = Q \cdot H_t$).

De la forma anterior, se ve que si el caudal aumenta, la potencia aumenta, ahora analizando el caso de que la altura (H) fuera menor que la utilizada en el laboratorio, es posible compensar esta falta de altura con un mayor caudal. De aquí se obtiene la siguiente conclusión, la cual considero muy importante, y puede haber menos altura que la requerida con la condición que el caudal sea suficientemente grande para compensar esta falta de altura.

El freno de Prony no funcionó; con excepción de la primera lectura, pudo haberse probado con alternador, pero la potencia generada con esta bomba habría sido demasiado para la capacidad de éste.

CAPITULO No. 5

MONTAJE Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA

5.1 UBICACION DEL LUGAR

Antes de instalar el equipo hidroeléctrico, es necesario medir la altura de la caída de agua, así como el caudal que se tiene, para poder determinar teóricamente qué potencia hidráulica en Kw va a generar la turbina. Es necesario conocer el caudal en distintas épocas del año, porque posiblemente no sea constante y entonces producirá variaciones en la potencia hidráulica, éstas variaciones pueden detectarse por medio del amperímetro y voltímetro que miden la corriente y voltaje que el alternador entrega a la batería continuamente. De lo anterior, se concluye que el lugar escogido debe ser el que llene los requisitos para producir la potencia hidráulica requerida.

5.2 CUBIERTA DE PROTECCION

El ensamble del equipo se realizará de ser posible sobre una estructura de hierro, ya que éste es más resistente a las condiciones atmosféricas imperantes en el lugar del montaje. Se recomienda que la estructura sea recubierta con pintura anticorrosiva.

El equipo en total debe ser cubierto con una caja, la cual puede hacerse con lámina lisa con las dimensiones apropiadas.

respecto a la salida del agua de la turbina, debe ponérsele un conducto de desagüe (puede ser un tubo de diámetro apropiado) para evitar que el agua moje el resto del equipo (alternador, batería, regulador, medidores), y reduzca su vida útil.

La batería debe ir colocada en la estructura de forma que quede lo más lejos posible de la turbina, a fin de evitar posibles salpicaduras de agua.

5.3 REQUISITOS DE CAUDAL Y DE PRESION

DEFINICION DE CAUDAL: caudal Q , es el volumen del fluido por unidad de tiempo que pasa a través de una sección transversal a la corriente. En una tubería, son litros por hora, minuto o segundo que circulan a través de un plano transversal a la tubería.

$Q = (\text{longitud}) / \text{tiempo}.$

5.3.1 MEDICION DE CAUDAL

5.3.1.1 POR MEDIO DE RECIPIENTE:

Este método es el más sencillo para medir un caudal. Es en la práctica el más factible debido a que fácilmente puede conseguirse un tonel.

aparatos e instrumentos que se deben utilizar:

- a) Cronómetro.
- b) Recipiente (tonel).
- c) Metro.

Procedimiento: primero se calcula el volumen del recipiente utilizando un metro, de la siguiente manera:

$V = A * Hr.$ Donde:

V = volumen.

$A = \text{área de la sección transversal del recipiente} = \pi d^2 / 4. (\text{metros})^2 .$

Hr = altura del recipiente.

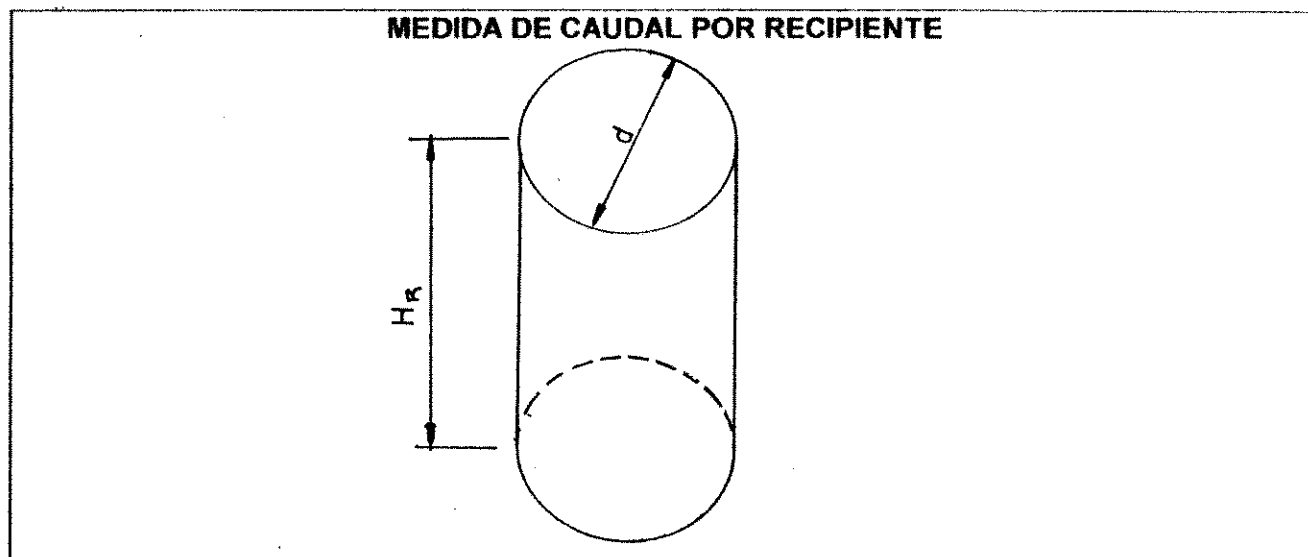
d = diámetro del recipiente.

El agua que sale de la turbina debe ir directamente al recipiente (procurando que no existan pérdidas o que éstas sean mínimas) y por medio del cronómetro, se calcula el tiempo necesario para llenar el recipiente.

Con los datos obtenidos, volumen y tiempo, encontramos el caudal:

$Q = \text{volumen} / \text{tiempo}.$

FIGURA No. 5-1



Héctor Gómez

5.3.1.2 POR MEDIO DE VERTEDERO

DEFINICION DE VERTEDERO: Es un dique o pared que intercepta la corriente, causando la elevación del nivel aguas arriba, que se emplea para control de nivel o para medición de caudales. Los de control de nivel son llamados vertederos de presa y los de volumen, vertederos de medida.

El caudal se puede calcular al medir la altura de la superficie del líquido aguas arriba del vertedor. Los vertederos pueden ser de pared delgada y de pared gruesa.

PARED DELGADA: son los contruidos de una hoja de metal o de otro material de manera que el chorro de agua salte con libertad conforme deje la cara aguas arriba del vertedor.

PARED GRUESA: este tipo de vertedero soporta el flujo a lo largo del escurrimiento. En la práctica, es recomendable utilizar para medir caudal un vertedero de pared delgada porque es fácil conseguir una lámina delgada para darle una forma triangular o rectangular; a continuación se analizará cada uno de éstos.

VERTEDERO RECTANGULAR: el vertedero rectangular es el tipo más antiguo y probablemente el más común por su simplicidad, facilidad de construcción y precisión. El

vertedero rectangular posee una cresta horizontal a partir de la cual se forma una lámina vertiente que se contrae tanto para arriba como para abajo, y al despreciar las contracciones se deduce una ecuación para él.

PROCESO MATEMATICO: considerando la abertura del canal rectangular, según ancho de este (L) y por Bernoulli entre A y dY, se obtiene:

$$H + 0 + 0 = V^2 / 2g + H - Y + 0.$$

donde se desprecia la descarga de velocidad en la sección A.

Despejando V: $V = (2gY)^{1/2}.$

El caudal teórico es: Q_T

$$Q_T = \int V \cdot dA = \int_0^H V \cdot L \cdot dY = (2/3) \cdot (2g)^{1/2} \cdot L \cdot H^{3/2}$$

por pruebas de laboratorio, C_q oscila entre 0.64 y 0.79; además es adimensional .

para vertederos con contracción lateral y sin contracción lateral, C_q viene dado por:

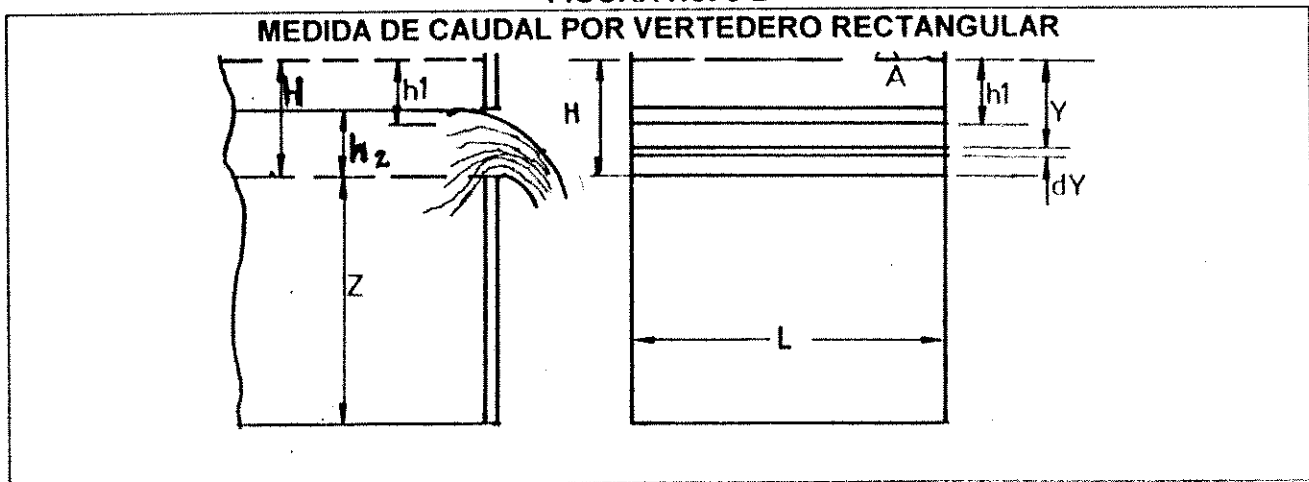
CON CONTRACCION LATERAL:

$$C_q = (0.578 + 0.037 \cdot (b/L)^2 + ((3.615 - 3 \cdot (b/L)^2) / (H + 1.6)) \cdot ((1 + 0.5 \cdot (b/L) \cdot (H/(H+Z)))^2)$$

SIN CONTRACCION LATERAL:

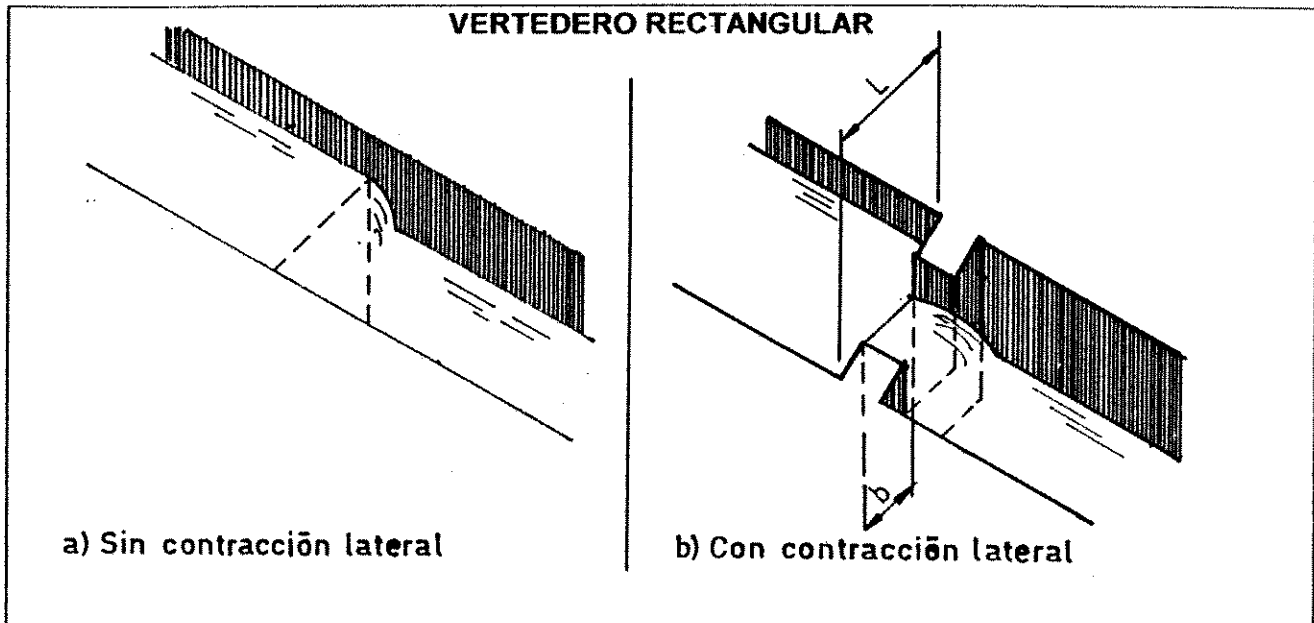
$$C_q = 0.615 \cdot (1 + (1/(H + 1.6))) \cdot (1 + 0.5 \cdot (1/(H + Z))^2).$$

FIGURA No. 5-2



Mecánica de los Fluidos. Streeter.

FIGURA No. 5-3

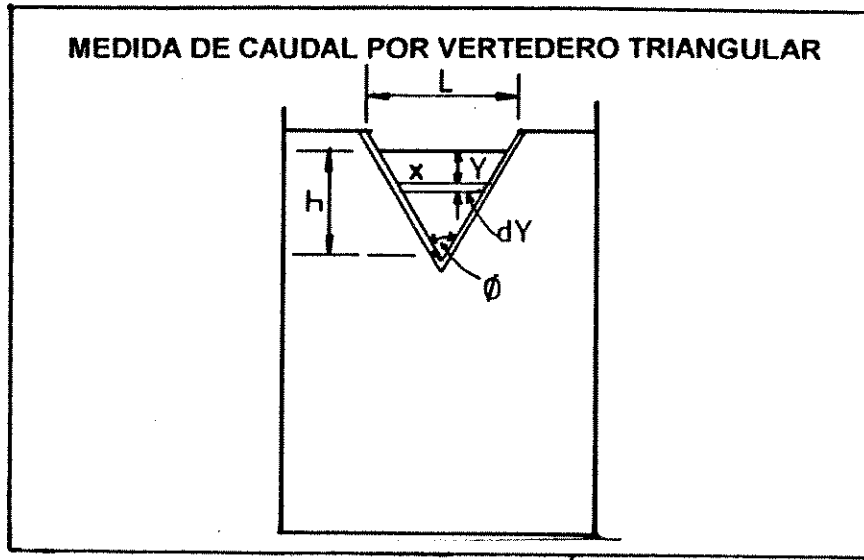


Mecánica de los fluidos. Mataix.

VERTEDERO TRIANGULAR:

El vertedero en V ofrece el rango más amplio para un solo tamaño, ya que la pequeña abertura en la V puede alojar flujos pequeños, y la porción más amplia de la parte superior permite el paso de flujos mayores; también ofrece la mejor caída de carga debido a su forma. Por lo anterior, es útil en la medición de caudales pequeños. La contracción de lámina es despreciable. En la figura No. 5-4, se muestra un vertedero triangular.

FIGURA No. 5-4



Mecánica de los Fluidos
Streeter.

PROCESO MATEMATICO

El caudal teórico, (Q_T) se calcula así:

La velocidad a una profundidad Y es:

$$V = (2gY)^{1/2}$$

$$Q_T = \int V \cdot dA$$

$$dA = X \cdot dY \text{ (ver figura No. 5-4)}$$

$$Q_T = \int_0^h V \cdot X \cdot dY$$

por triángulos semejantes: $\{ X / (h - Y) \} = (L / h)$

$$Q_T = (2g)^{1/2} \cdot (L / h) \cdot \int_0^h Y^{1/2} (h - Y) dY$$

$$Q = (4/15) \cdot (2g)^{1/2} (L/h) \cdot h^{5/2}$$

(L / h) expresado en función del ángulo θ :

$$(L / 2h) = \tan \theta / 2$$

$$Q_T = (8 / 15) \cdot (2g)^{1/2} \tan(\theta / 2) \cdot h^{5/2}$$

El caudal real (Q) , se obtiene al multiplicar Q por C_q

$$Q = C_q * ((8 / 15 * (2g))^{1/2} \tan (\theta / 2) * h^{5/2}$$

Nota: el coeficiente C_q para $\theta = 90$, $\tan (\theta / 2) = 1$

y $0.05 < H < 0.25$ vale aproximadamente C_q = 0.593

El caudal real se obtiene introduciendo C_q (coeficiente de descarga) para alturas de cargas superiores a 0.3 metros; el valor medio de C_q es 0.6 aproximadamente, su valor oscila entre 0.64 y 0.79.

5.3.1.3 POR METODO DE AREAS (AFORO DE RIO)

Es costoso medir diariamente el gasto de un río mediante la determinación de los perfiles de velocidad en una sección transversal del río. Para evitar esto y poder establecer registros diarios se establecen secciones de control donde el lecho del río no cambie considerablemente y permanezca estable. Una zona de control es la zona donde la pendiente del fondo del río es gradual hasta ser más grande.

Utilizando datos pluviométricos con una observación cuidadosa, es fácil predecir aumentos de caudal y evitar daños.

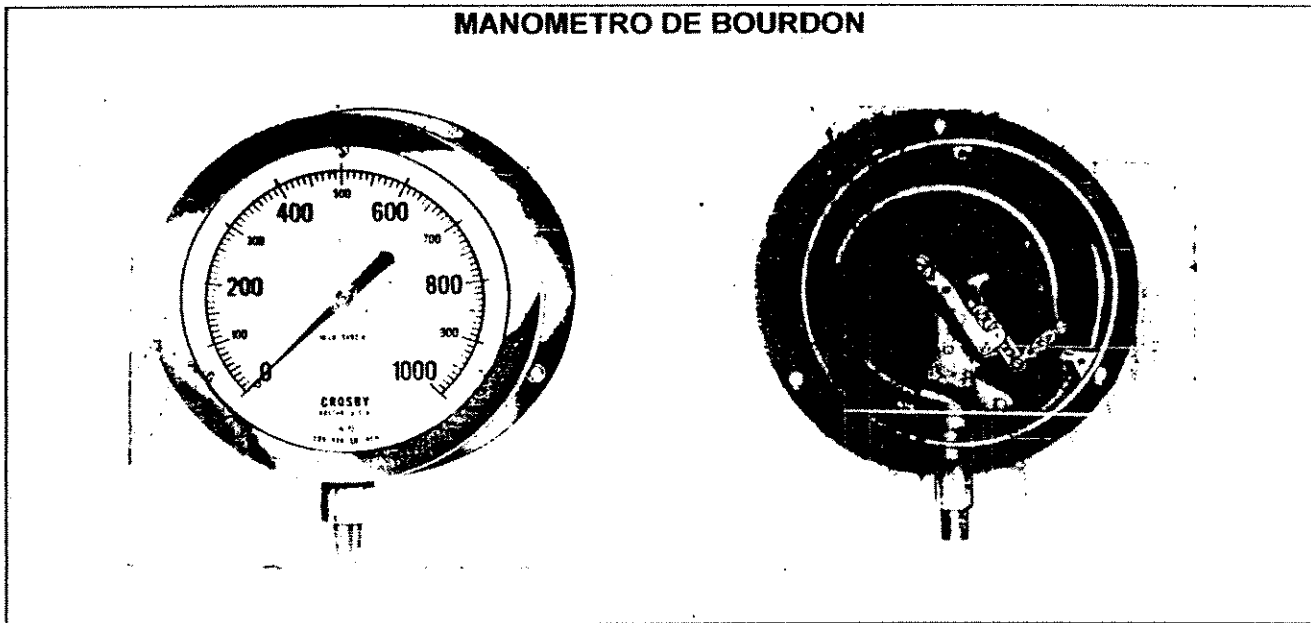
Para aforar un río, se usa el método de flotadores que consiste en calcular la velocidad media de la corriente en una sección determinada y calcular el caudal por la ecuación de continuidad. En la sección de control, se instala un estadal para medir el nivel de superficie de agua, por medio de flotadores.

Los hidrómetros como el molinete y el tubo de Pitot, sirven para medir la velocidad del agua en una sección de corriente. si se mide el gasto del río mediante un molinete al mismo tiempo que el nivel de la superficie, generalmente cuando se observan cambios en el gasto transportado, es posible construir una curva de niveles contra gastos. El molinete consiste en una hélice que gira ante la acción de la energía cinética del agua y cuyo movimiento se transmite a un sistema medidor de vueltas.

5.3.2 MEDIDOR DE PRESION

La presión en la tubería de la turbina se mide utilizando un manómetro de Bourdon con la escala apropiada. El elemento sensor de presión es un tubo de metal hueco, que está aplanado en su sección transversal y enconado en su longitud, el cual se encuentra cerrado en un extremo y comunicado a la presión a medir en el otro extremo. Cuando aumenta la presión interna, el tubo tiende a estirarse accionando una manecilla por una serie de eslabones; las escalas del cuadrante más comunes son: Lbs / pulgada², lbs / pie², pulgadas de mercurio y Kg / cm²

FIGURA No. 5-5



Mecánica de los fluidos. streeter.

PRESION ATMOSFERICA Y PRESION ABSOLUTA

PRESION ATMOSFERICA: Si el recipiente con un líquido está abierto, sobre la superficie libre del líquido impera la presión atmosférica debido a la gravedad de la columna de aire que está sobre él.

La presión atmosférica varía con la temperatura y altura, la presión media normal es a 0°C y al nivel del mar es de 760 torr, que es igual a 1.01396 bar llamada también atmósfera normal.

Hay tres atmósferas:

atmósfera normal = 1.01386 bar.

atmósfera técnica = 1 bar.

atmósfera local y temporal = presión atmosférica reinante en un lugar y tiempo determinados.

PRESION ABSOLUTA Y PRESION RELATIVA

La presión absoluta se mide con relación al cero absoluto (vacío total o 100% del vacío).

La presión relativa con relación a la atmosférica: la mayoría de los manómetros miden presiones relativas con relación a la atmósfera imperante.

La presión absoluta se encuentra así:

$$P_{abs} = P_{rel} + P_{atm}.$$

Donde:

P_{rel} . = presión relativa, leída en un manómetro.

P_{atm} . = Presión atmosférica local, medida con un barómetro.

Si no se quiere gran exactitud, se puede utilizar la atmósfera técnica.

$$P_{abs} = P_{rel} + 1 \text{ bar.}$$

Experimentalmente se utilizó un manómetro con escala de 0 a 100 PSI. La presión se transforma a altura de caída de agua en metros mediante la siguiente conversión:

$$1 \text{ PSI} = 2.31 \text{ pies de altura.}$$

$$1 \text{ pie} = 12 \text{ pulgadas} = 30.48 \text{ centímetros,}$$

$$1 \text{ PSI} = 30.48 \text{ cm.} * 2.31 \text{ pies} = 70.4088 \text{ cm.} = 0.704088 \text{ metros.}$$

5.4 MANTENIMIENTO DE PLANTA

Es necesario dar mantenimiento a todo el equipo de la microcentral, así como también revisar periódicamente cada uno de los accesorios utilizados a fin de mantener en buen estado de funcionamiento el conjunto que conforma la microcentral.

Se recomienda un tipo de mantenimiento preventivo, que como su nombre lo indica, se aplica para prevenir posibles fallas,

5.4.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Es una serie de trabajos a fin de conservar en buen estado de funcionamiento una máquina para que cumpla con su finalidad.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO:

Son las actitudes que minimizan las posibilidades de falla y por lo tanto reducen los gastos en reparaciones o en compras de equipo nuevo, debido a deterioro total de éste.

ALTERNADOR: en el alternador, deben revisarse periódicamente los rodamientos de cada uno de los cojinetes que sostienen el rotor. Deben retirarse a cada mil horas de servicio aproximadamente para lubricarlos y, de ser necesario, sustituirlos.

La vida útil de los rodamientos depende del estado y la tensión de la correa que deben revisarse periódicamente y tensarla si es necesario; también deben limpiarse las conexiones de los cables en sus puntos de contacto con el alternador.

En la siguiente figura (5-6), se muestra la forma de inspección y mantenimiento del alternador y sus cojinetes:

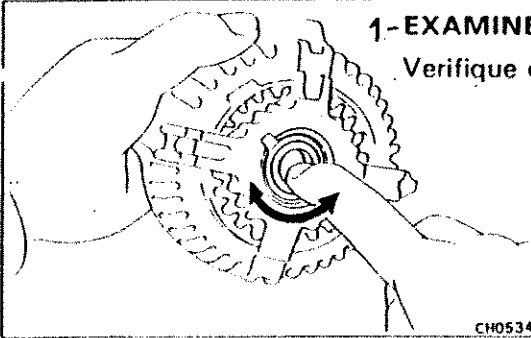
En la figura No. 4-7, se muestra la forma de hacer inspección de la bomba automotriz transformada a turbina.

FIGURA No. 5-6

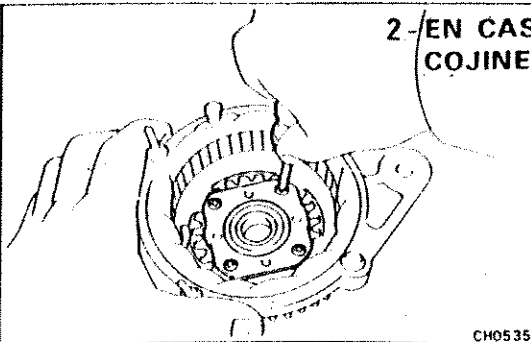
ALTERNADOR

1-EXAMINE EL COJINETE DELANTERO

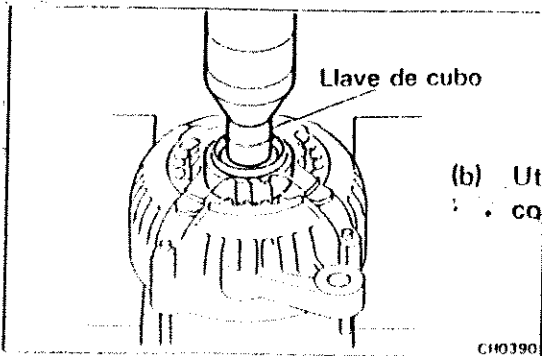
Verifique que el cojinete no está áspero o desgastado.



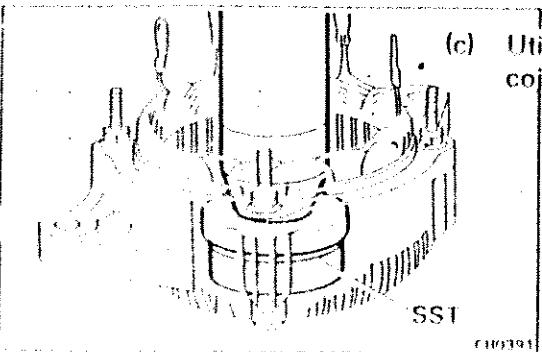
2-EN CASO DE QUE FUERA NECESARIO, CAMBIE EL COJINETE DELANTERO



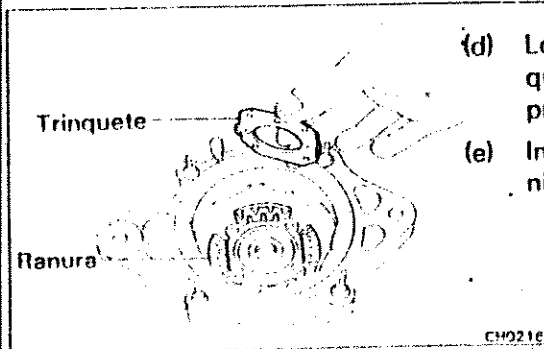
(a) Saque los cuatro tornillos y desmonte el retenedor del cojinete.



(b) Utilice una prensa y una llave de cubo para sacar el cojinete delantero.



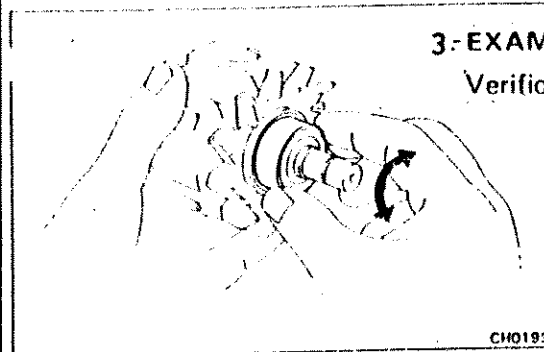
(c) Utilice la SST y una prensa para introducir un nuevo cojinete delantero en la tapa extremo propulsor.



(d) Los trinquetes del retenedor de cojinete deben quedar alineados con las ranuras de la tapa extremo propulsor.

(e) Instale el retenedor de cojinete con los cuatro tornillos.

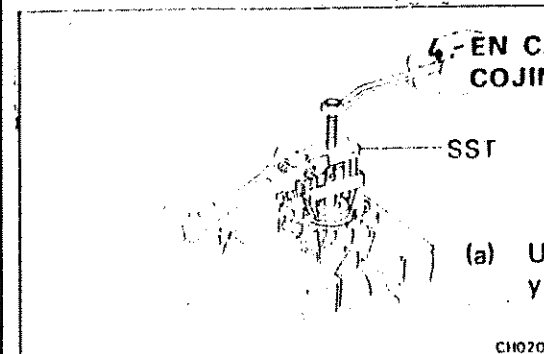
CH0216



3- EXAMINE EL COJINETE TRASERO

Verifique que el cojinete **no está** áspero o desgastado.

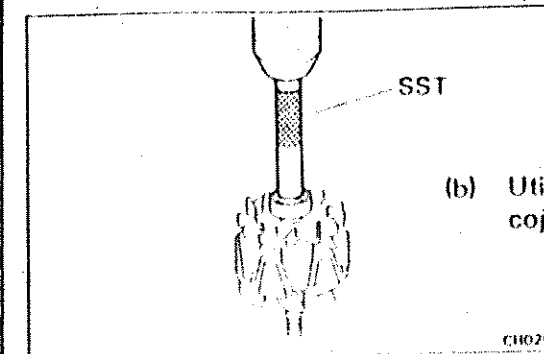
CH0193



4- EN CASO DE QUE FUERA NECESARIO, CAMBIE EL COJINETE TRASERO

(a) Utilice la SST para desmontar la cubierta de cojinete y el cojinete.

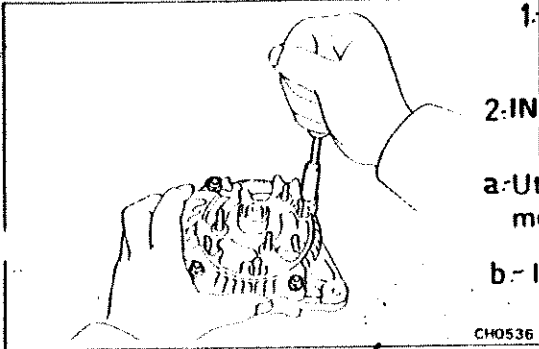
CH0200



(b) Utilice la SST y una prensa para introducir un nuevo cojinete y la cubierta de cojinete.

CH0201

ARMADO DEL ALTERNADOR



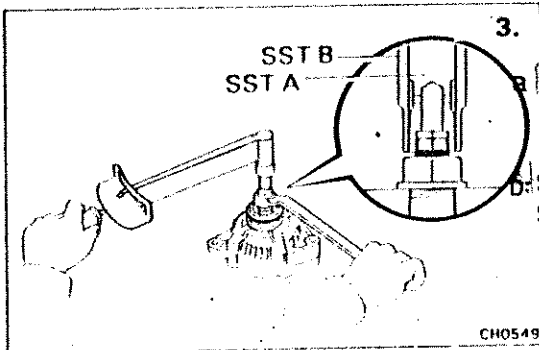
1. INSTALE EL ROTOR EN LA TAPA EXTREMO PROPULSOR

2. INSTALE LA TAPA EXTREMO DEL RECTIFICADOR

a- Utilice un martillo de plástico para golpear ligeramente la tapa extremo.

b- Instale las cuatro tuercas

CH0536



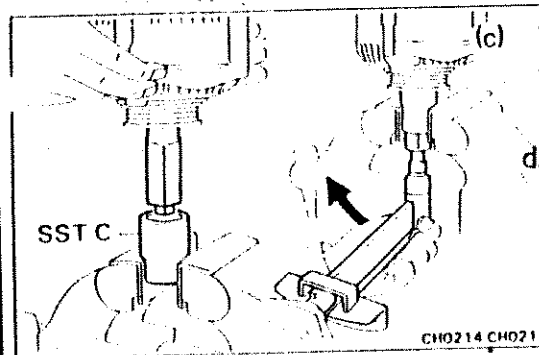
3. INSTALE LA POLEA

a- Instale la polea en el eje rotor apretando la tuerca de la polea a mano.

b- Sujete la SST A con una llave de torsión y apriete la SST B a la derecha al par especificado.

Par de apriete: 400 kg-cm (39 N-m)

CH0549

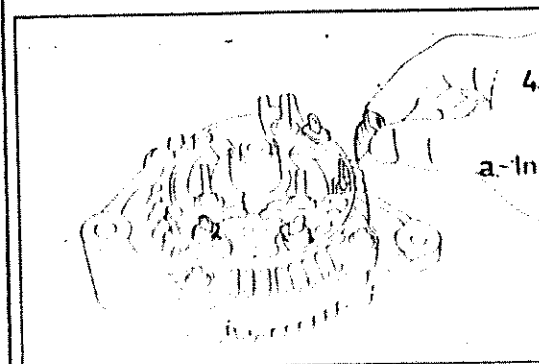


(c) Verifique que la SST A ha quedado bien asegurada en el eje de la polea.

d) Para apretar la tuerca de polea gire la SST C en el sentido indicado en la figura.

Par de apriete: 1.125 kg-cm (110 N-m)

CH0214 CH0217



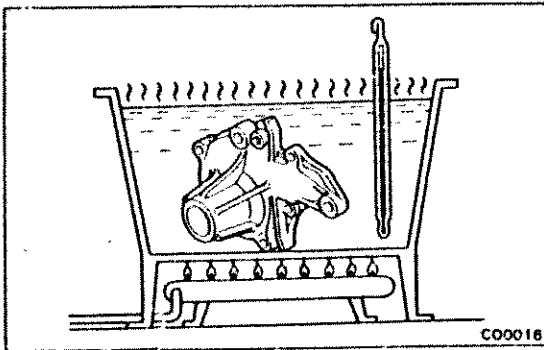
4. INSTALE EL PORTADOR DEL RECTIFICADOR

a- Instale los cuatro aisladores de caucho en los cables.

FIGURA No. 5-7

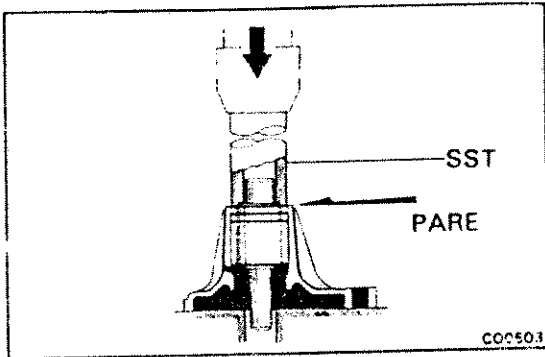
INSPECCION DE LA TURBINA

1. INSTALE EL COJINETE



- a) caliente gradualmente el cuerpo de la bomba a una temperatura de aproximadamente 85°C.

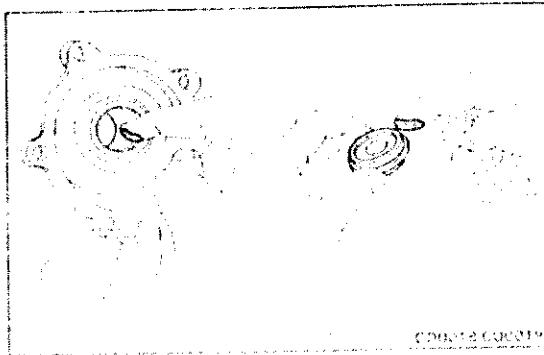
CONSEJO: la bomba de agua se debe armar siempre con un nuevo juego de selladores, un nuevo rotor y un nuevo cojinete.



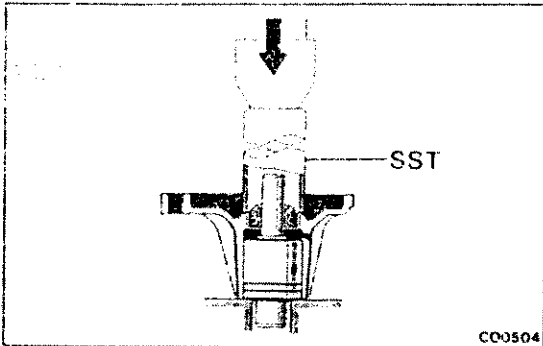
Utilice la Sst y una prensa para instalar un nuevo cojinete de bomba de agua en el cuerpo de la bomba.

CONSEJO: la superficie del extremo del cojinete debe estar al mismo nivel que la superficie superior del cuerpo.

2. INSTALE EL SELLO

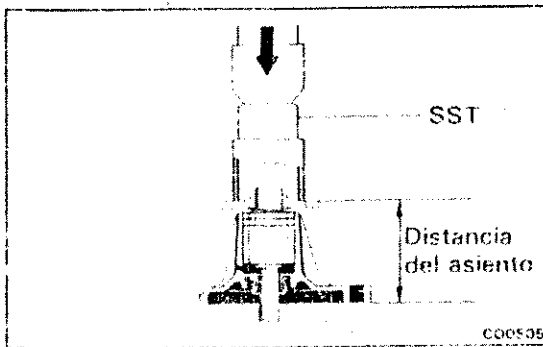


- a) Aplique un sellador en un nuevo sello y colóquelo en el cuerpo de la bomba.



-) Utilice la Sst y una prensa para instalar el sello en el cojinete de la bomba.

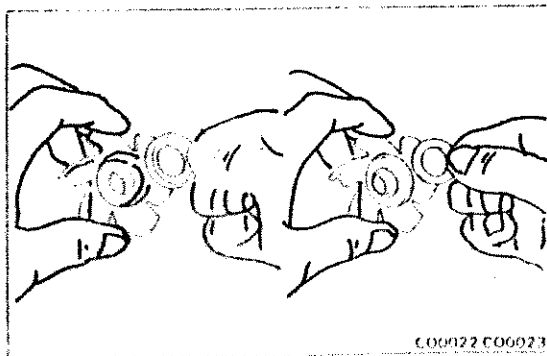
3. INSTALE EL ASIENTO DE LA POLEA.



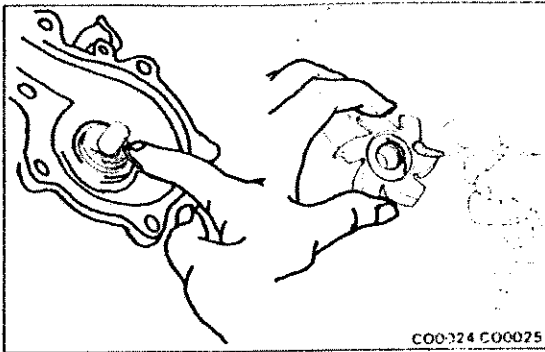
Utilice la Sst y una prensa para instalar el asiento de la polea en el eje del cojinete de la bomba.

CONSEJO: tal como aparece en la figura, la distancia del asiento de la polea a la superficie de instalación del cuerpo de la bomba debe ser de: 76.7 mm.

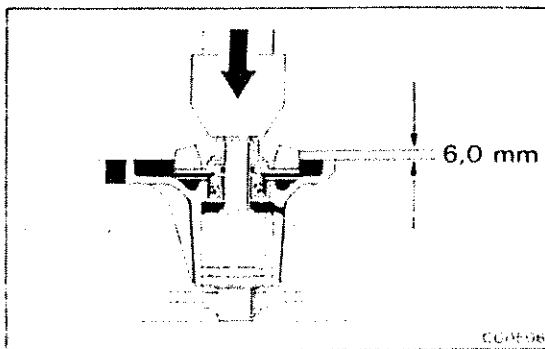
4. INSTALE EL ROTOR



- a) Instale una empaquetadura nueva y asiento en el rotor.



-) Aplique un poco de sellador en las superficies de contacto del sello y del rotor.



-) utilice una prensa para instalar un nuevo rotor en el eje del cojinete de la bomba.

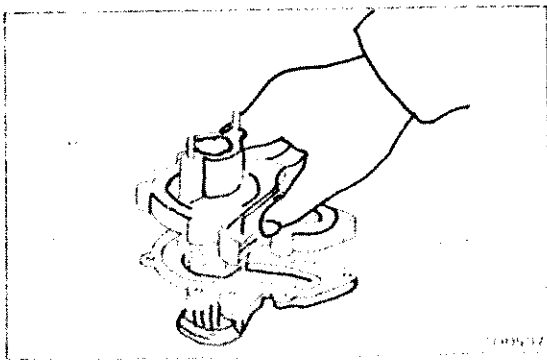
CONSEJO: tal como se puede observar en la figura, la distancia del borde del rotor a la superficie de instalación del cuerpo de la bomba deberá ser de 6.0 mm.

5. EXAMINE LA BOMBA DE AGUA: después del armado verifique que el rotor gira suavemente.

6. INSTALE LA CUBIERTA DE SUCCION DE LA BOMBA DE AGUA

Instale la cubierta de succión de la bomba de agua en una empaquetadura nueva con 3 pernos.

CONSEJO: después de la instalación, verifique que el rotor no está en contacto con la cubierta.



REGULADOR DE VOLTAJE:

Es necesario revisar periódicamente los reguladores, limpiar los platinos y ajustar la presión de los resortes correspondientes. Además, debe de comprobarse el voltaje de salida del alternador y el sistema rectificador correspondiente a la velocidad de giro correspondiente,

BATERIA:

La batería de 12 voltios contiene 6 celdas o acumuladores. Los problemas de la batería pueden deberse a una o más de las siguientes causas:

- a) La batería es demasiado pequeña para el trabajo necesario.
- b) La batería está desgastada.
- c) Los conectores de la batería están corroídos.
- d) El alternador no carga.
- e) La intensidad de carga del alternador es muy baja.
- f) El regulador está averiado.
- g) El regulador está desajustado.
- h) El regulador no está bien conectado a masa.
- i) El alternador no funciona.
- j) La correa de accionamiento del alternador está floja.
- k) Existe una fuga constante de corriente debido a un cortocircuito.

REPARACION DE ESTAS CAUSAS:

- a) Es posible que la demanda de la batería sea superior a su capacidad; la existencia de accesorios adicionales permite utilizar una batería de mayor capacidad.
- b) La edad o el abuso suelen ser las causas más comunes de que la batería esté desgastada. Dado que por mucho que se cargue no funcionará correctamente más que durante un período corto de tiempo, instale una batería de la capacidad adecuada si las placas están sulfatadas.

- c) La existencia de corrosión en las terminales de las baterías es debido a una reacción química entre distintos metales y el electrolito en la batería, suele indicar que el sello entre el poste y la tapa de la batería está estropeada.

COMPROBACION DEL ESTADO DE LA BATERIA

- a) Verificar el nivel del líquido en las celdas. Existen baterías de 40, 50 y 60 amperios /hora.
- b) Nivelar el líquido en cada celda.
- c) Verificar con densímetro la densidad de cada celda, cuando la batería está en buenas condiciones debe leerse de 1.260 a 1.280 de densidad en la escala del densímetro.
- d) Comprobar el estado de la batería con un aparato llamado simplemente COMPROBADOR DE BATERIA que tiene 3 escalas, naranja, amarillo y verde; los cuales significan lo siguiente:
- Naranja = totalmente descargada.
- amarillo: regular.
- Verde: en perfectas condiciones.

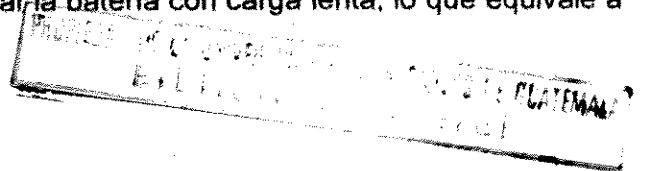
La escala del comprobador es: de 32 a 40 amperios / hora, de 41 a 70 amperios / hora, de 71 a 120 amperios / hora, de 121 a 180 amperios / hora, en corriente alterna.

SI LA BATERIA NO FUNCIONA:

Ponerle ácido a las celdas de la batería para que recuperen su densidad.

Sin embargo, existe una forma más rápida de realizar una prueba, porque puede suceder que la batería haya estado mucho tiempo sin uso y por lo tanto el electrolito se haya sedimentado en el fondo debido a que es de mayor densidad que el agua, entonces se puede hacer una prueba rápida, utilizando un CARGADOR DE BATERIA con carga rápida por espacio de veinte minutos para ver si el nivel de la densidad aumenta.

Poniendo el cargador en la HI (por sus siglas en ingles) para 12 voltios con la escala para el amperaje. También en HI se realiza la prueba para ver si levanta carga, si es afirmativo según la escala del densímetro, entonces se puede cargar la batería con carga lenta; lo que equivale a



conectarla al cargador por espacio de 24 horas con carga lenta; poniendo éste en la escala de 24 voltios LO (por sus siglas en inglés), con un amperaje de 24 amperios LO, según lo que requiera la batería.

CARGANDO:

DESCRIPCION: LA FRECUENCIA DE CARGADO Y LA GRAVEDAD ESPECIFICA DEL ELECTROLITO:

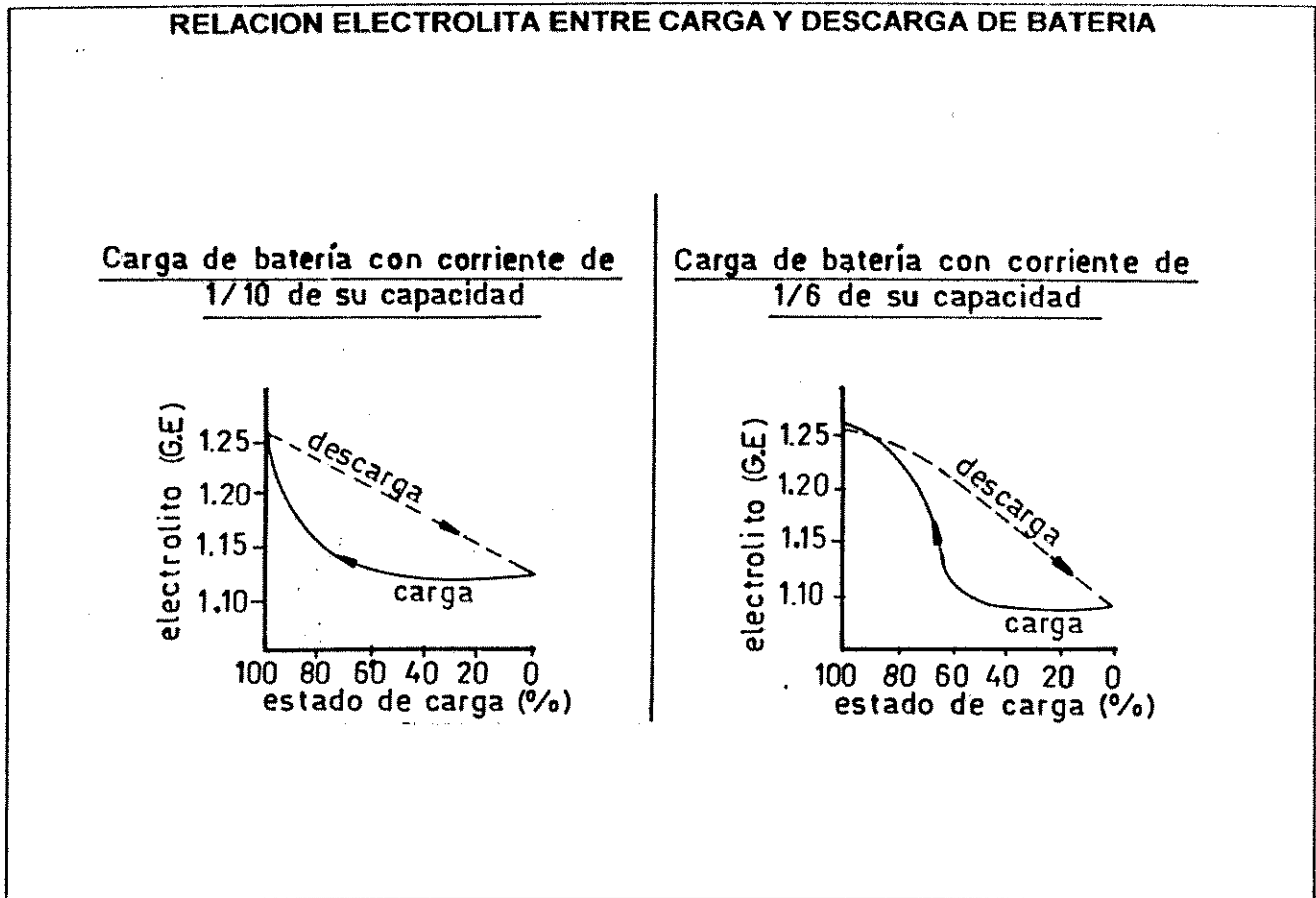
La relación entre la condición del cargado de la batería y gravedad específica del electrólito de la batería difiere (figura No. 5-8), cuando la batería está descargándose y cuando está cargándose; como se observa en la figura, la batería presenta lo siguiente:

- a) La gravedad específica del electrólito de la batería, se incrementa muy lentamente mientras la batería está siendo cargada.
- b) Lo pequeño de la corriente de carga, lo despacioso de la gravedad específica del incremento del electrólito.

INDICADOR

- a) El indicador deberá tornarse de lo azul a lo transparente cuando la carga de la batería cae de 20 a 30%.
- b) El indicador deberá tornarse a lo azul cuando la carga de la batería está entre 65 y 90% bajo carga.

FIGURA No. 5-8



Manual Nissan Vanette.

CARGA: Si el indicador se torna transparente (indicación que la carga de la batería es requerida), cargue la batería de la siguiente manera:

METODO STANDARD: cargue la batería a una corriente de capacidad de la batería de 1/10. cuando el indicador se torna de lo transparente a lo azul, continúe cargando por 2 horas adicionales, entonces pare de cargar.

PRECAUCION: Cargando la batería a una corriente de más de 10 amperios, mientras usa una carga de método rápido, podría acortar la vida de servicio de la batería. use el método estándar para cargar la batería a menos que las circunstancias lo requieran de otro modo.

En la siguiente (tabla No. 5-1), se muestra la corriente de carga y el tiempo requerido para cargar.

TABLA No. 5-1

CORRIENTE DE CARGA Y TIEMPO REQUERIDO PARA CARGAR LA BATERIA

CORRIENTE DE CARGA	TIEMPO REQUERIDO
Capacidad de batería 1 / 16	aproximadamente 4 - 5 horas.
Capacidad de batería 1 / 10	aproximadamente 8 - 10 horas.

manual Nissan Vanette.

ADVERTENCIA:

- a) Guarde la batería de la llave abierta mientras está cargando.
- b) Cuando conecte el cargador, conecte primero la guía, entonces torne el cargador. No torne el cargador primero esto podría ocasionar una chispa.
- c) No permita que la temperatura del electrolito vaya sobre 45°C (113°F).

TIPO DE MANTENIMIENTO BAJO:

VERIFIQUE LA GRAVEDAD ESPECIFICA

Lea el hidrómetro y el termómetro indicador de medida a nivel de sus ojos. Lea y pare el nivel con la escala.

Corrija la gravedad específica a 20°C (68°F) (ver gráfica No. 5-9).

Ejemplo No. 1: cuando la temperatura del electrolito es de 35°C (95°F) y la gravedad específica del electrolito es de 1.230, la gravedad específica corregida a 20°C (68°F) es de 1.240.

Ejemplo No. 2: cuando la temperatura del electrolito es de 0°C (32°F) y la gravedad específica del electrolito es de 1.210, la gravedad específica corregida a 20°C (68°F) es de 1.196.

Determine el estado de carga de la batería.

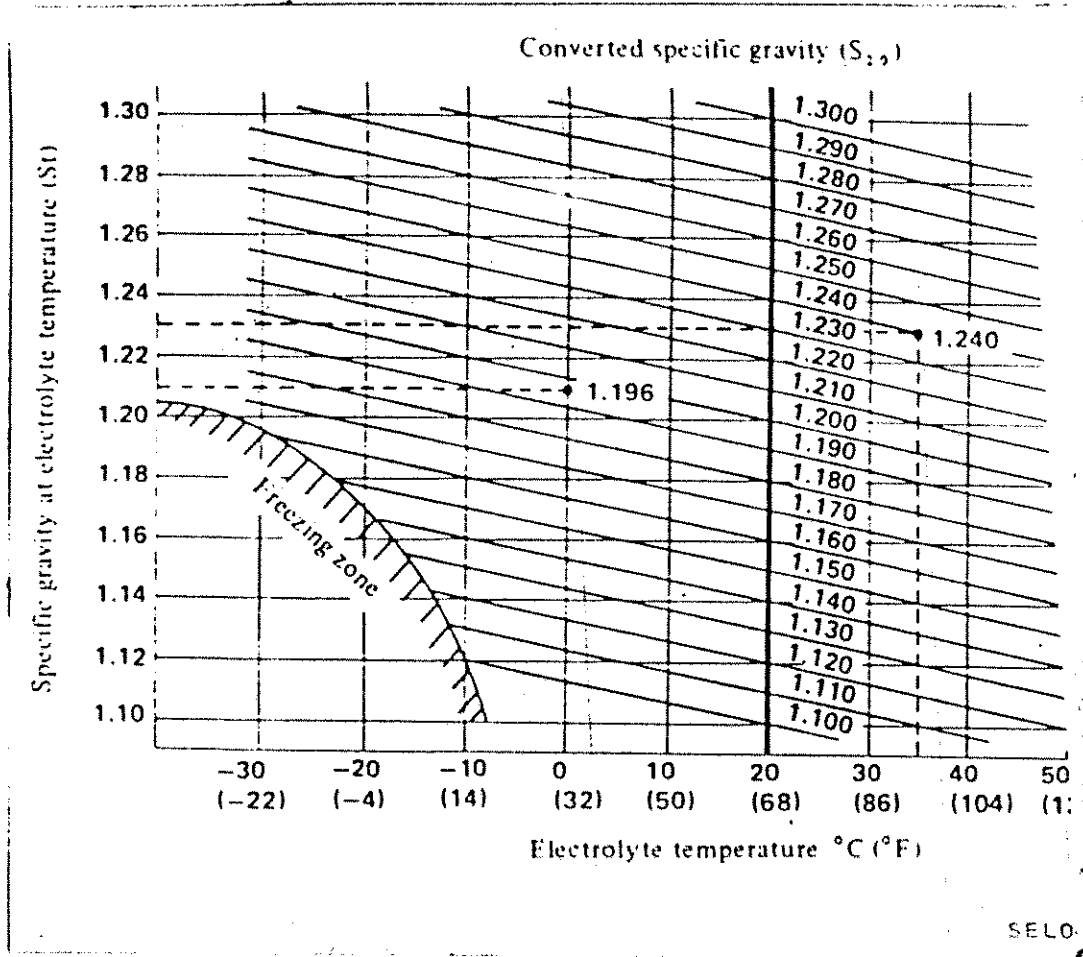
Ejemplo No. 1: el estado de carga de la batería cuyo máximo de carga de gravedad específica es 1.26, cuya gravedad específica corregida a 20°C (68°F) es 1.240 es 90%.

Ejemplo No. 2: para la batería cuyo máximo de gravedad específica de carga 1.28 el estado de carga es 82% a una gravedad específica corregida a 20°C (68°F).

recargue la batería si su proporción cae a menos de 70% de carga de llenado.

FIGURA No. 5-9

GRAVEDAD ESPECIFICA (G.E.) vrs. TEMPERATURA DEL ELECTROLITO



VERIFICACION DEL PESO ESPECIFICO POR MEDIO DEL HIDROMETRO

Aunque no es técnicamente exacto, se puede obtener un dato del estado químico de la batería midiendo el peso específico del ácido existente en cada celda. En una batería completamente cargada, el electrólito suele ser 1.260 - 1.280 veces más pesado que el agua pura a 80°F, es muy importante que todas las celdas de la batería arrojen la misma lectura, a medida que va descargándose la batería, se produce un cambio químico dentro de cada celda, porque el sulfato del electrólito reacciona químicamente con las placas de la batería reduciendo su peso, y las lecturas del peso específico del electrólito serán inferiores a cuando la batería está completamente cargada.

El hidrómetro se utiliza para determinar el peso específico en relación con el estado de carga de la batería. si, después de realizar la carga, existe una variación de más de 50 puntos (0.050) entre los pesos específicos de dos celdas cualesquiera, deberá sustituirse la batería.

TABLA No. 5-2

PESO ESPECIFICO EN RELACION CON EL ESTADO DE CARGA DE LA BATERIA	
LECTURA DEL PESO ESPECIFICO	ESTADO DE CARGA DE LA BATERIA
1.260 - 1.280	Completamente cargada.
1.230 - 1.250	Cargada $\frac{3}{4}$ del total.
1.200 - 1.220	Medio cargada.
1.170 - 1.190	Cargada $\frac{1}{4}$ del total.
1.140 - 1.160	Casi descargada.
1.110 - 1.130	totalmente descargada.

Manual Nissan Vanette.

DENSIDAD DEL ELECTROLITO

El electrólito del acumulador se prepara con ácido sulfúrico concentrado (aceite de vitriolo), densidad 1.84. El contenido del ácido en el agua se vierte en proporciones según tabla No. 5-3.

TABLA No. 5 - 3

PROPORCION DE ACIDO EN AGUA				
PARTES DE AGUA POR UNA PARTE DE ACIDO				
Densidad deseada	1.200	1.210	1.240	1.280
Volumen	4.3	4.0	3.4	2.75
Peso	2.4	2.2	1.9	1.50
TEMPERATURA DE CONGELACION DEL ELECTROLITO				
Densidad	1.180	1.200	1.240	1.280
temperatura de congelación °F	-6	-16	-51	-90

Manual del Ingeniero Mecánico. Vol No. 3.

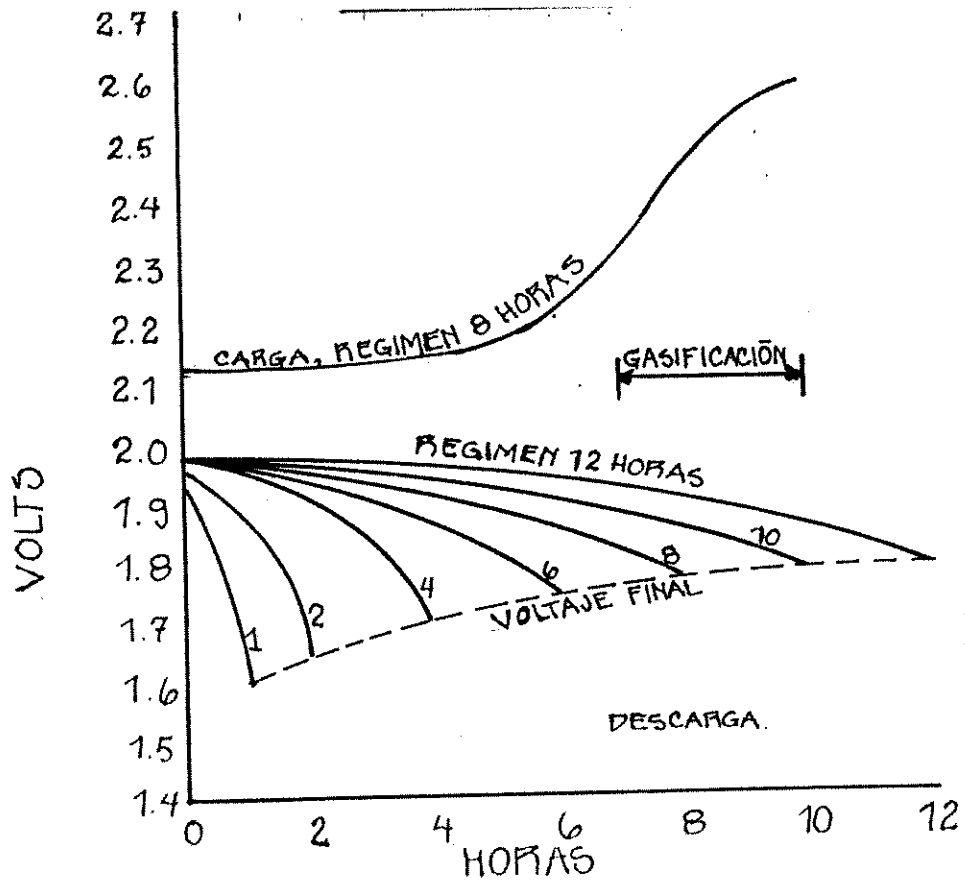
VOLTAJE:

La fem. de una celda de acumulador de plomo, con carga total y circuito abierto es de 2.05 a 2.10 voltios, la descarga reduce el voltaje en proporción a la corriente. Para cargar con corriente constante y régimen normal, el voltaje de celdas aumenta en forma gradual desde 2.4 hasta 2.5 voltios, luego sube con rapidez hasta aproximadamente 2.6 voltios este intervalo se llama PERIODO DE GASIFICACION.

Cuando el acumulador empieza a gasificar, se debe reducir el régimen de carga, para evitar el desperdicio de energía y erosión innecesaria de las placas. En la figura No. 5-10, se muestran las curvas de voltaje en carga y descarga de un acumulador de plomo.

FIGURA No. 5-10

VOLTAJE DE CARGA Y DESCARGA EN ACUMULADOR



CAPITULO No. 6

OPERACION DE LA MICROCENTRAL HIDROELECTRICA

Para el buen funcionamiento de la microcentral, es necesario realizar una serie de pasos a fin de tener la seguridad de que el caudal que alimenta a la turbina es el suficiente para producir la potencia requerida por el alternador para cargar la batería. en la figura No. 6-1, se muestra el ensamble total de la microcentral, donde se incluyen los accesorios que se necesitan para controlar la energía que se produce.

6.1 PROCESO A SEGUIR PARA EL FUNCIONAMIENTO DE LA MICROCENTRAL

Refiriéndonos nuevamente a la figura No. 6-1, el proceso sigue un orden, el cual se establece conforme a lo siguiente:

- a) Debe de abrirse la llave de paso de agua a la turbina.
- b) Debe verificarse el manómetro que está inmediatamente después de la llave de paso.
- c) Debe controlarse el amperímetro que está conectado en serie entre el alternador y la batería.
- d) Debe controlarse el voltímetro de la batería.

NOTAS:

- 1) a) y b) deben realizarse simultáneamente, es decir que a medida que se va abriendo la llave de paso, se va controlando el manómetro a fin de no sobrepresionar.
- 2) c) y d) pueden realizarse en ese orden o simultáneamente.

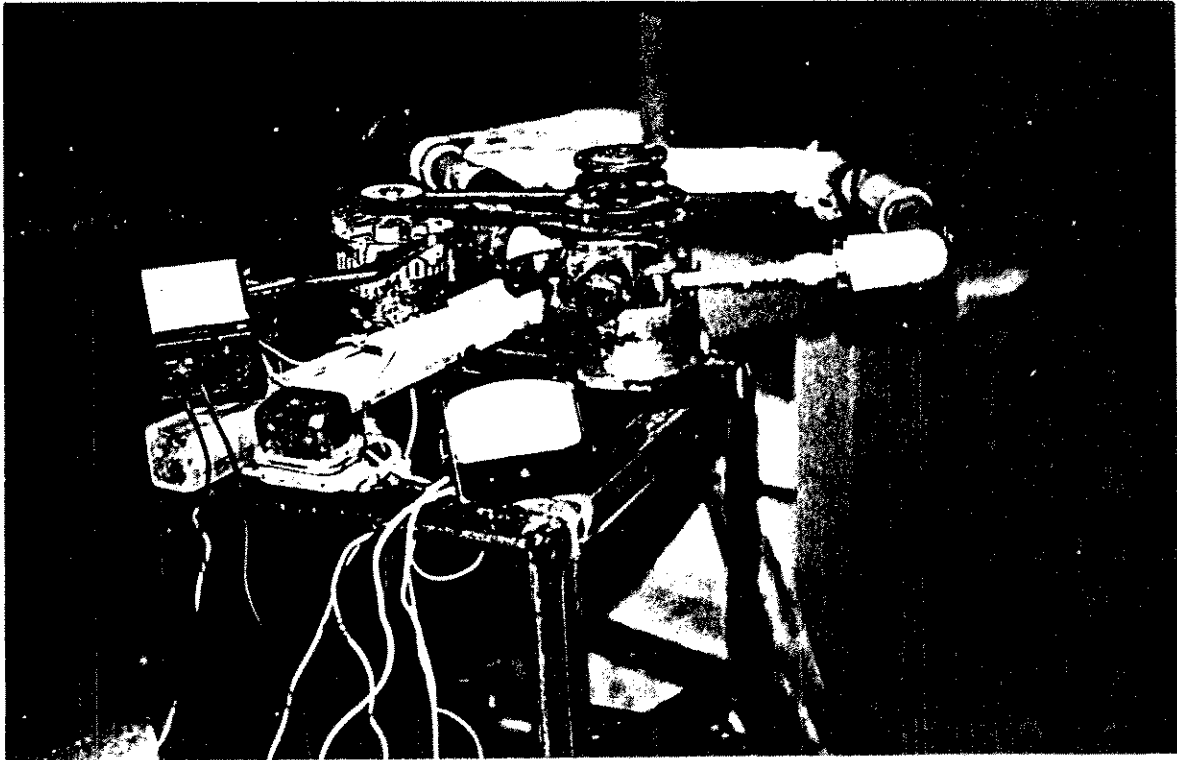
6.1.1 CONTROL DE VALVULA DE PASO DE AGUA

Este paso es el más importante y es el primero que debe realizarse, debido a que es necesario controlar el caudal que ha de alimentar a la turbina, Simultáneamente, a medida que se deja pasar el caudal, debe observarse el manómetro a fin de que la turbina reciba el caudal necesario.

NOTA: las pruebas de laboratorio son útiles porque por medio de ellas se conoce de antemano que presión y que caudal han de utilizarse para obtener la potencia eléctrica necesaria.

FIGURA No. 6 -1

ENSAMBLE DE LA MICROCENTRAL



Fotografía: turbina de álabes rectos Héctor Gómez.

6.1.2 CONTROL DEL AMPERIMETRO

Debe también verificarse cuanta corriente está entregando el alternador a la batería; para el efecto, es necesario conocer la capacidad de la batería en amperios / hora, porque si se entrega un mayor amperaje entonces podría dañarse.

Con este modelo de microcentral, se busca obtener energía eléctrica a bajo costo, utilizando equipo y accesorios de vehículos en desuso, sin embargo en pruebas de laboratorio, se observó que no es muy efectivo el uso de un amperímetro automotriz debido a que la escala de este es muy grande para medir los amperios que produce el alternador al ser movido con la turbina, por

lo que es recomendable utilizar un amperímetro con escala más pequeña y que pueda medir hasta 30 amperios que se considera suficiente para medir el amperaje producido.

6.1.3 CONTROL DE VOLTÍMETRO

El voltímetro se utiliza para verificar el voltaje que está recibiendo la batería; debe tenerse en cuenta que el voltaje nominal de la batería es de 12 voltios, sin embargo ocurre que muchas veces el voltímetro marcará más de 12 v. Esto será variable dependiendo del estado de carga de la batería; a medida que ésta aumente su carga, el voltaje disminuirá hasta estabilizarse en 12 v. Es muy importante tener presente que el voltaje producido en el alternador antes de llegar a la batería pasa por el regulador, que como su nombre lo indica, regula éste y no permite que sobrepase el voltaje necesario para cargar la batería. Si hubiera un sobrevoltaje, podría dañarla y disminuir su vida útil.

Al igual que el amperímetro, en pruebas de laboratorio se observó que un voltímetro automotriz no es muy eficiente para medir exactamente el voltaje, debido a que su escala es muy grande, lo cual se recomienda utilizar un voltímetro con escala más pequeña que pueda medir hasta aproximadamente 20 voltios, que se considera suficiente para medir el voltaje producido.

CONCLUSIONES

1. La energía hidráulica de una caída de agua se transforma a energía mecánica, mediante el uso de una bomba centrífuga transformada a turbina; esta energía mecánica se transforma en energía eléctrica por medio de un alternador o generador que entrega la energía a un acumulador o batería de 12 V. Para el efecto, es necesario utilizar un regulador.

2. Para transformar una bomba a turbina, en el caso de la bomba automotriz de alabes rectos, es necesario hacerle una pequeña modificación a la carcasa. En tanto que para las bombas de uso domiciliar al igual que la bomba automotriz de alabes curvos, sólo se invierte el sentido del flujo en el interior de ésta.

3. Las conexiones eléctricas que se van a realizar son las siguientes:

de alternador a regulador.

de regulador a batería.

de alternador a batería.

BOMBA DE ALABES RECTOS TRANSFORMADA A TURBINA PELTON

4. La altura máxima de caída es muy grande (46 psi = 32.39 metros) para producir muy poca energía eléctrica (8 voltios), sin embargo, es posible encontrar caídas de agua que cumplan con los requisitos de esta bomba.

5. La máxima eficiencia obtenida es de 1.40%, que es muy inferior a un 80% o un 85% de eficiencia que es el porcentaje aceptable de una central eléctrica eficiente.

6. El voltaje y amperaje obtenido por esta bomba transformada a turbina Pelton no es suficiente para suministrar energía eléctrica a una vivienda rural, porque habría más demanda que producción; por lo que se concluye que el uso de este tipo de turbina es útil solamente para cargar la batería en el día, y que esta suministrara energía durante 4 horas aproximadamente durante la noche.

BOMBA DE ALABES CURVOS HACIA ADELANTE TRANSFORMADA A TURBINA FRANCIS

7. Los datos obtenidos para esta bomba automotriz transformada a turbina (tabla No. 4-3) muestran que no genera la potencia mecánica necesaria para que el alternador genere corriente eléctrica directa suficiente para recargar la batería.

8. El microamperaje máximo obtenido con este tipo de bomba comparado con la altura de caída de agua que se necesita, no justifica el costo y ensamble del equipo.

9. El rodete de esta bomba gira a una velocidad angular aceptable sin carga, (tabla No. 4-3), pero cuando transmite energía mecánica al alternador, y a la línea de campo de éste se conecta directamente una bombilla de uso automotriz de 12 watt, las turbina reduce brevemente sus rpm, pero al aumentar la demanda de wats se detiene totalmente, por lo que se concluye que la velocidad de la turbina es aceptable pero no tiene el torque necesario para mantener la demanda del alternador.

10. Respecto a las bombas centrifugas automotrices, se puede observar que ofrece una mejor expectativa para generar energía eléctrica la bomba de alabes rectos transformada a turbina Pelton, utilizando para el efecto dos toberas.

BOMBA STA RITE C - 1 TRANFORMADA A TURBINA

11. Se observa que la eficiencia de esta bomba (tabla No. 4-5, gráfica No. 7) disminuye a medida que aumenta la presión de altura de caída del agua, así por ejemplo para 10 psi (7.05 metros) la eficiencia real = 69.38%, para 40 psi (28.16 metros) eficiencia real = 29.22% con estos datos se obtiene una información importante: para fines de montaje de una microcentral utilizando bomba Sta. Rite C-1 trabajando como turbina, deben buscarse las condiciones donde se pueda aprovechar por lo menos un 40% de la potencia hidráulica; esto se logra con una presión de 20 psi (14.08 metros), y se obtiene 97.02 wats que es suficiente para dar servicio de iluminación a una vivienda rural.
12. Según tabla No. 4-5, experimentalmente la máxima potencia eléctrica que se obtuvo fue de 272 wats con una altura de presión de agua de 40 psi (28.16 metros), y según se observa, a medida que aumenta la presión aumenta la potencia eléctrica obtenida, pero la altura de caída de agua se va haciendo más difícil de obtener, a menos que se incremente el caudal.
13. Con la bomba-turbina centrífuga Sta. Rite C-1 se obtienen potencias, voltajes y amperajes suficientes para una vivienda a pesar de que la eficiencia baja, a medida que aumenta el caudal; su bajo costo hace recomendable utilizar este tipo de bomba para uso en viviendas rurales. el costo de este tipo de microcentral es de Q1,800.00 aproximadamente, (bomba Sta Rite, generador automotriz, estructura).
14. Al observar las gráficas:
- Presión vrs. RPM: el eje de la bomba-turbina Sta. Rite C-1 gira a mayor r.p.m. a una presión de 40 psi respecto de las otras bombas utilizadas, pero la Red Jacket produce más amperios por ser de mayor potencia.

Presión vrs. Amperaje: se observa que la bomba Sta. Rite C-1 produce más amperaje; la curva es casi lineal, sin embargo, es de esperarse que la Red Jacket produzca más amperaje por tener mayor potencia.

Presión vrs. voltaje: se observa que la bomba-turbina Sta. Rite C-1 a 10 psi produce más voltaje que la bomba automotriz transformada a turbina Pelton a 40 psi, lo que hace que la Sta Rite genere más voltaje, pero es de esperarse que la bomba-turbina Red Jacket produzca más voltaje por ser de mayor potencia.

15. Al comparar datos de potencia al freno (tabla No. 4-7) de bomba Red Jacket transformada a turbina, con los datos de potencia eléctrica (tabla No. 4-5) de bomba Sta. Rite C-1 transformada a turbina, se observa que se obtiene mayor potencia con la Red Jacket; esto es debido a que es de mayor HP de potencia, por lo que se concluye que, a mayor potencia de bomba, mayor potencia cuando esta trabaja como turbina.

16. Con una presión de 30 psi (21.12 metros) se obtiene la potencia al freno de 586.24 wats que es suficiente para satisfacer los servicios de electricidad en más de una vivienda rural, y la altura de caída de agua no es tan difícil de encontrar en nuestro país.

RECOMENDACIONES

1. Se debe hacer una microcentral como el modelo de la presente investigación; es recomendable utilizar una bomba centrífuga de uso domiciliario por ser más eficiente, y tratar de que ésta sea alimentada con un caudal hidráulico similar al utilizado en el laboratorio, y si se puede incrementar, es mejor.
2. El equipo turbogenerador debe ser ensamblado en una estructura de hierro, la cual debe estar firmemente anclada al piso; debe tenerse cuidado de colocar la batería en donde no reciba agua para que su vida útil sea mayor.
3. Antes de instalar la microcentral, debe estudiarse el lugar. Es muy importante medir el caudal del río en distintas épocas del año, para ver si cumple con los requisitos necesarios en cualquier época.
4. Antes de operar la microcentral hidráulica, debe verificarse que las conexiones eléctricas estén bien hechas, porque de lo contrario se puede dañar el alternador, el regulador o incluso provocar un corto circuito.
5. El equipo de la microcentral debe tener una cubierta de protección que lo proteja de las condiciones del tiempo, además, es importante recubrir la estructura con pintura anticorrosiva.
6. Para un buen funcionamiento, deben observarse los siguientes pasos:
 - Abrir la llave de paso de flujo hacia la turbina.
 - Observar el manómetro para verificar presión

- Controlar el amperímetro que está conectado entre la batería y el alternador en serie.
- Observar el voltímetro que está conectado en paralelo con la batería.
- Los incisos a y b se pueden realizar simultáneamente, es decir, que al ir abriendo la llave de paso debe ir observándose el manómetro.
- Los incisos c y d se pueden realizar en ese orden.

7. En lo referente a la turbina, batería y alternador, debe dárseles un mantenimiento que en resumen consiste en:

Alternador: revisar periódicamente los cojinetes, polea, rotor, escobillas, etc.

Turbina: revisar periódicamente el cojinete, rotor, sellos, polea etc.

Batería: revisar periódicamente el estado de carga de la batería, si no funcionara ponerle ácido a las celdas; si estuviera descargada proceda a cargarla siguiendo las recomendaciones indicadas en páginas 101 y 102 del capítulo 5.

8. Según la capacidad del voltaje de la batería o acumulador, al recargar ésta debe observarse el potencial o voltaje, el cual está en función de las celdas; cada celda aporta 2 voltios.

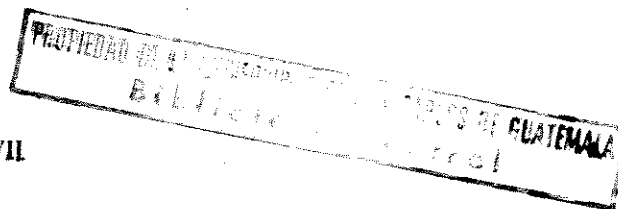
9. Cuando la batería está en buenas condiciones, en la escala del densímetro debe leerse de 1.260 a 1.280 de densidad, y puede desgastarse la batería hasta 1/4 de carga. En la escala del densímetro debe leerse de 1.170 a 1.190 de densidad.

10. No es recomendable el uso de bombas automotrices para transformada a turbina, debido al tamaño del rodete sin importar que sea de alabes rectos o curvos: esto hace que la eficiencia sea demasiado baja.

BIBLIOGRAFIA

1. BAUMAISTER, Theodore; Eugene Avallone. Manual del Ingeniero Mecánico. 8a. Edición. Volumen III. México: Editorial McGraw Hill. 1992.
2. DE AZEVEDO Netto, J. M; Guillermo Acosta. Manual de Hidráulica. 6a. Edición. México: Editorial Harla. 1975.
3. DEUTSCHMAN, Aaron; Walter Michels. Diseño de Máquinas Teoría y Práctica. 3a. edición. México: Editorial Continental. 1989.
4. GARCIA DIAZ, Rafael. Manual de Fórmulas de Ingeniería. México: Editorial Limusa. 1989.
5. GONZALEZ, Erick. Introducción a Motores de Combustión Interna. Guatemala: s.p.i. 1985.
6. GUERRA, Jesús Horacio. Bombas centrífugas. (Tesis: Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala), Guatemala, 1985.
7. HALLIDAY, David; Robert Resnick. Física. 4a. Edición. Volumen II. México: Editorial Continental. 1985.
8. KITAEV, V. Electrotécnica con Fundamentos de Electronica Industrial. Mirchovsqui, B. A. 3a. Edición. Guatemala: 1985.
9. Manual del Electricista automotriz. Instituto Técnico de Capacitación y Productividad. 2a. Edición. Guatemala: 1985.

10. Manual Nissan RD 128. Tomo II, Modelo Español. Ediciones Nissan. 1989.
11. Manual Nissan Vanette, Modelo C-120 Japonés. Ediciones Nissan. 1980
12. Manual de Reparaciones Toyota del Motor Multivalvular 4AFE, 4A6E. Ediciones Toyota.
1989.
13. Manual de Reparación y Mantenimiento de Gasolina. Automóviles y camiones (1979 - 1987)
Tomo V. Barcelona, España: Editorial Océano. 1988.
14. MATAIX, Claudio. Mecánica de los Fluidos. 2a. Edición. México: Editorial Harla. 1982.
15. OBERT, Edward. Motores de Combustión Interna. 3a. Edición. México: Editorial C.E.C.S.A.
1987.
16. POLO ENCINAS, Manuel. Turbomáquinas Hidráulicas. 3a. Edición. México: Editorial
Limusa 1983.
17. RIVAS AMAYA, Joaquín. Consideraciones Sobre Diseño de Bombas Centrifugas. (Tesis:
Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala),
Guatemala, 1975.
18. STREETER, Víctor; Benjamín Wylie. Mecánica de los Fluidos. 6a. Edición. México: Editorial
McGraw Hill. 1979.

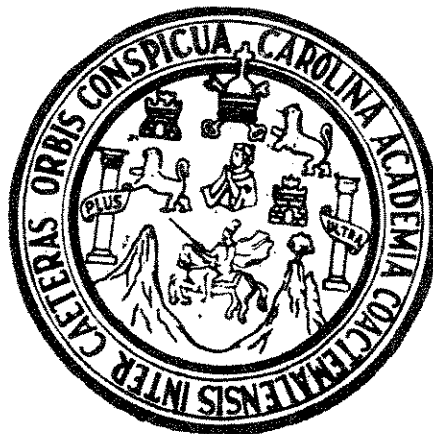


19. VASQUEZ, Roberto. Instalaciones Eléctricas y Luminotecnia. Farusac. Guatemala, 1987.
20. Diccionario Enciclopédico Océano. Barcelona España: Ediciones Océano. 1983.
21. Enciclopedia de la Ciencia y la Técnica. Barcelona, España: Editorial Danae. 1984.

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA**

***PLANIFICACION Y DISEÑO DEL AREA PARA LOS LABORATORIOS DE
INGENIERIA CIVIL, DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE; E
IMPLEMENTACION DE LOS LABORATORIOS DE MECANICA DE SUELOS,
CONCRETO ARMADO I Y MATERIALES DE CONSTRUCCION***

TESIS



**PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA
DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

POR

ELMAR LIZARDO RODAS HERNANDEZ

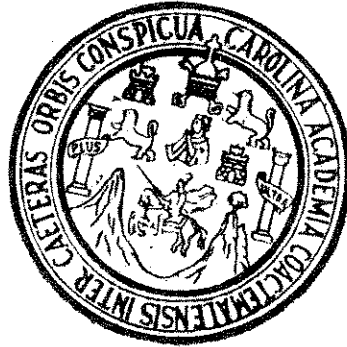
AL CONFERIRSELE EL TITULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 1997.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

JUNTA DIRECTIVA
DE LA FACULTAD DE INGENIERIA
DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



MIEMBROS DE LA JUNTA DIRECTIVA

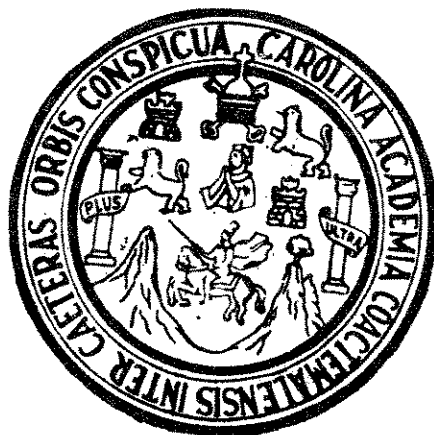
DECANO:	Ing. Herbert René Miranda Barrios.
VOCAL PRIMERO:	Ing. Miguel Angel Sánchez Guerra.
VOCAL SEGUNDO:	Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano.
VOCAL TERCERO:	Ing. Juan Adolfo Echeverría Méndez.
VOCAL CUARTO:	Br. Víctor Rafael Lobos Aldana.
VOCAL QUINTO:	Br. Wagner Gustavo López Cáceres.
SECRETARIO:	Ing. Gilda Marina Castellanos de Illescas

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN

GENERAL PRIVADO

DECANO:	Ing. Herbert René Miranda Barrios.
EXAMINADOR:	Ing. Juan Merck Cos.
EXAMINADOR:	Ing. Francisco Javier Quiñonez De La Cruz.
EXAMINADOR:	Ing. Pablo Christien de León Rodríguez
SECRETARIO:	Ing. Gilda Marina Castellanos de Illescas.

08
T(4101)
C.4



HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de tesis titulado:

**PLANIFICACION Y DISEÑO DEL AREA PARA LOS LABORATORIOS DE
INGENIERIA CIVIL, DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE; E
IMPLEMENTAMCION DE LOS LABORATORIOS DE MECANICA DE SUELOS,
CONCRETO ARMADO 1 Y MATERIALES DE CONSTRUCCION.**

Tema que me fuera asignado por la Unidad de E.P.S. de la facultad de Ingeniería.

ELMAR LIZARDO RODAS HERNANDEZ



FACULTAD DE INGENIERIA
Unidad de Prácticas de Ingeniería
Ejercicio Profesional Supervisado
E.P.S.

Ciudad Universitaria, Zona 12
01012 Guatemala, Centroamérica

REF.EPS.C.163.97

Guatemala, 9 de septiembre de 1,997

Señor
Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano
Director de la Escuela
de Ingeniería Civil
Presente

Señor Director:

Adjunto envío a usted, el Informe Final, correspondiente a la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.) realizado en el Centro Universitario de Occidente, Quetzaltenango; por el estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Civil, **ELMAR LIZARDO RODAS HERNANDEZ**, cuyo título es: **PLANIFICACION Y DISEÑO DEL AREA PARA LOS LABORATORIOS DE INGENIERIA CIVIL DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE E IMPLEMENTACION DE LOS LABORATORIOS DE MECANICA DE SUELOS, CON CRETO ARMADO I Y MATERIALES DE CONSTRUCCION.**

Este trabajo, fue debidamente asesorado y supervisado por el suscrito; y contiene un aporte valioso para nuestra Universidad, en especial para el Centro Universitario de Occidente; por cuanto se presenta una solución viable y factible a la falta de Infraestructura y Laboratorios que padece dicho Centro.

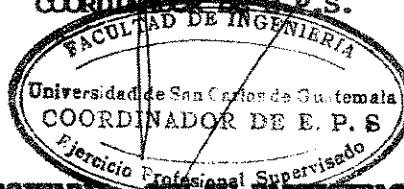
Por lo que, habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de Ley, del referido trabajo, esta **COORDINACION APRUEBA** su contenido, solicitándole el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme de usted.

Muy Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

ING. JUAN MERCK COS
COORDINADOR DE E. P. S.



JMC/lgg.
c.c.: Archivo

1,995 AÑO DE LA REFORMA UNIVERSITARIA, CON SU PARTICIPACION LA REFORMA AVANZA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor y Coordinador de E.P.S. Ing. Juan Merck Cos, del trabajo de tesis del estudiante Elmar Lizardo Rodas Hernández, titulado PLANIFICACION Y DISEÑO DEL AREA PARA LOS LABORATORIOS DE INGENIERIA CIVIL, DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE; E IMPLEMENTACION DE LOS LABORATORIOS DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO ARMADO 1 Y MATERIALES DE CONSTRUCCION, da por este medio su aprobación a dicha tesis.


Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano



Guatemala, septiembre de 1,997.

JDIS/bbdeb.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Decano de la Facultad de Ingeniería, luego de conocer la autorización por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano, al trabajo de tesis PLANIFICACION Y DISEÑO DEL AREA PARA LOS LABORATORIOS DE INGENIERIA CIVIL, DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE; E IMPLEMENTACION DE LOS LABORATORIOS DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO ARMADO 1 Y MATERIALES DE CONSTRUCCION, del estudiante Elmar Lizardo Rodas Hernández, procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE:

Ing. Herbert René Miranda Barrios

DECANO



Guatemala, septiembre de 1,997

AGRADECIMIENTOS:

AL SER SUPREMO, POR PERMITIRME FINALIZAR ESTA ESTAPA DE MIS ESTUDIOS.

A MIS PADRES Y HERMANOS, POR EL APOYO INCONDICIONAL BRINDADO EN TODO EL TRANCURSO DE MI VIDA.

A MIS MAESTROS, FUENTES INAGOTABLES DE CONOCIMIENTOS Y EXPERIENCIAS.

AL DEPARTAMENTO DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO, POR EL APOYO TECNICO BRINDADO.

AL ING. JUAN MERCK, POR SU VALIOSA ASESORIA EN EL DESARROLLO DE ESTE TRABAJO.

AL ING. PABLO DE LEON, POR SU DESINTERESADA COLABARACION EN LA REALIZACION DE ESTE TRABAJO.

AL ARQ. ELEAZAR JONATHAN XICARA, POR LA DETALLADA ASESORIA BRINDADA EN LA REALIZACION DE ESTA TESIS.

A MIS QUERIDOS Y RECORDADOS COMPAÑEROS, POR LA AMISTAD Y VIVENCIAS COMPARTIDAS.

INDICE

	PAGINA
Listado de abreviaturas y símbolos.....	I
Glosario.....	II
Introducción.....	III
Objetivos.....	IV

CAPITULO UNO

INFORMACION ACERCA DE LAS CARRERAS DE INGENIERIA DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE

1.1 Antecedentes históricos.....	2
1.2 Situación actual.....	3
1.2.1. Organización.....	3
1.2.2. Infraestructura.....	3
1.2.3. Población estudiantil.....	4
1.2.4. Recursos.....	4
1.2.4.1. Recurso humano.....	4
1.2.4.2. Recurso didáctico.....	5
1.2.4.3. Recurso bibliográfico.....	5

CAPITULO DOS

ALCANCES DEL PROYECTO DE LABORATORIOS PARA INGENIERIA DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE

2.1 Necesidades prioritarias a satisfacer.....	7
2.2 Propuestas de la creación, diseño y planificación de laboratorios.....	8
2.3 Infraestructura necesaria.....	8
2.3.1 Investigación.....	9
2.3.2 Docencia.....	9
2.3.3 Proyección Social.....	9

CAPITULO TRES

LABORATORIO DE HIDRAULICA Y MECANICA DE FLUIDOS

3.1 Definición de las actividades que se realizan en el laboratorio.....	11
3.1.1. Prácticas del laboratorio de Mecánica de Fluidos.....	11
3.1.1.1 Experimentos de Hidrostática.....	11
3.1.1.2 Experimentos de Hidrodinámica desarrollados por cantidad de movimiento.....	12
3.1.1.3 Experimentos de Hidrodinámica desarrollados con la ecuación de Bernouilli.....	12
3.1.1.4 Experimentos desarrollados haciendo uso de los principios de fricción.....	12
3.1.2 Prácticas del laboratorio de Hidráulica.....	13
3.1.2.1 Teoría básica.....	13

3.1.2.2 Pérdida por fricción a través de una tubería.....	14
3.1.2.3 Dispositivos de aforo en Hidráulica.....	14
3.1.2.4 Distribución de velocidades en un canal rectangular.....	14
3.1.2.5 Vertedero ventilado y sin ventilar.....	14
3.1.2.6 Resalto hidráulico y altura específica en un canal rectangular.....	15
3.1.2.7 Calibración vertedero triangular para usa de la rueda pelton.....	15
3.1.2.8 Curvas características de una rueda pelton.....	15
3.2. Infraestructura.....	16
3.2.1 Instalaciones.....	16
3.2.1.1. Instalaciones hidráulicas.....	16
3.2.1.2. Instalaciones de drenajes.....	16
3.2.1.3. Instalaciones eléctricas.....	16
3.2.2 Equipo.....	17

CAPITULO CUATRO

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

4.1. Definición de las actividades que se realizan en el laboratorio.....	19
4.1.1. Ensayos para clasificación de suelos.....	19
4.1.1.1. Análisis granulométrico.....	19
4.1.1.2. Límites de consistencia o de Atterberg.....	19
4.1.2 Ensayos para control de la construcción.....	20
4.1.2.1 Ensayo de contenido de humedad.....	20
4.1.2.2 Determinación de peso unitario y humedad optima (proctor).....	20
4.1.2.3 Determinación de la densidad de campo para obtener el % de compactación.....	21
4.1.2.4 Ensayo de equivalente de arena.....	21
4.1.2.5 Ensayo de C.B.R. o relación de soporte California.....	21
4.2. Infraestructura.....	21
4.2.1 Instalaciones.....	21
4.2.1.1. Instalaciones hidráulicas.....	21
4.2.1.2. Instalaciones de drenajes.....	22
4.2.1.3. Instalaciones eléctricas.....	22
4.2.2. Equipo.....	22
4.2.2.1. Barrena.....	22
4.2.2.2. Extensiones de la barrena.....	23
4.2.2.3. Hornillo o reverbera.....	23
4.2.2.4. Estufa de campo.....	23
4.2.2.5. Aparato para límite líquido y acanalador.....	23
4.2.2.6. Balanzas de resortes y dinamómetros.....	23
4.2.2.7. Balanza de torsión.....	23
4.2.2.8. Balanza de tres escalas.....	24
4.2.2.9. Serie de Cribas.....	24
4.2.2.10 Tamices.....	24
4.2.2.11 Equipo para ensayos de densidad máxima y humedad óptima.....	24
4.2.2.12 Equipo California Bearing Ratio (C.B.R.).....	25

CAPITULO CINCO

LABORATORIO DE CONCRETO ARMADO 1

5.1 Definición de las actividades que se realizan en el laboratorio.....	27
5.1.1. Control de calidad del concreto.....	27
5.1.2. Estudio del verdadero esfuerzo último en compresión del concreto.....	27
5.1.3. Estudio de la distribución de esfuerzos en compresión debido a la flexión	28
5.1.4. Estudio de la tensión diagonal en vigas de concreto de sección rectangular.....	28
5.1.5. Diseño, construcción y ensayo de una viga de concreto reforzado de sección rectangular.....	29
5.2 Infraestructura.....	29
5.2.1. Instalaciones.....	29
5.2.1.1. Instalaciones hidráulicas.....	29
5.2.1.2. Instalaciones de drenajes.....	29
5.2.1.3 Instalaciones eléctricas.....	30
5.2.2 Equipo.....	30
5.2.2.1 Equipo de precisión.....	30
5.2.2.1.1 Máquina universal.....	30
5.2.2.1.2 Máquina multiensayo.....	30
5.2.2.1.3 Extensómetros y deformómetros.....	31
5.2.2.2. Equipo complementario.....	31

CAPITULO SEIS

LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

6.1 Definición de las actividades que se realizan en el laboratorio.....	33
6.1.1. Prueba de dureza y desgaste en materiales.....	33
6.1.2. Cargas de impacto, repetidas y de larga duración.....	33
6.1.3. Ensayos no destructivos en materiales de ingeniería.....	34
6.1.4. Ensayos en aglomerantes y morteros.....	34
6.1.5. Diseño de mezclas de concreto y ensayos de concreto fresco.....	34
6.2 Infraestructura.....	35
6.2.1. Instalaciones.....	35
6.2.1.1. Instalaciones hidráulicas.....	35
6.2.1.2. Instalaciones de drenajes.....	35
6.2.1.3. Instalaciones eléctricas.....	36
6.2.2. Equipo.....	36

CAPITULO SIETE
DISEÑO DE LOS LABORATORIOS

7.0	Diseño arquitectónico,	37
7.1	Diseño de los laboratorios.....	38
7.1.1.	Dimensiones en vigas.....	38
7.1.2.	Dimensiones en Columnas.....	38
7.1.3.	Integración de cargas.....	39
7.1.4.	Integración de cargas por nivel.....	40
7.2	Distribución de fuerzas por nivel.....	40
7.2.1.	Distribución vertical del corte basal.....	41
7.2.2.	Diseño viga secundaria 1	41
7.2.2.1.	Reacciones carga muerta.....	42
7.2.2.2.	Reacciones carga viva.....	42
7.2.3.	Diseño viga secundaria 2	42
7.2.3.1.	Reacciones carga muerta	42
7.2.3.2.	Reacciones carga viva	42
7.2.4.	Cargas muertas	43
7.2.5.	Cargas vivas	43
7.3	Análisis estructural.....	44
	Análisis estructural.....	45
	Análisis estructural.....	46
7.3.1.	Momentos y cortes fijos en vigas.....	47
7.3.2.	Carga viva.....	48
7.3.3.	Momentos y cortes finales.....	49
7.3.4.	Momentos y cortes fijos carga muerta.....	50
7.3.4.1.	Momentos y cortes finales carga muerta.....	51
7.3.5.	Cargas de sismo.....	52
7.3.5.1.	Cortes y momentos finales (sismo).....	53
7.4	Envolvente de momentos.....	53
7.4.1.	Primera Parte.....	54
7.4.2.	Segunda Parte.....	55
7.5	Diseño de vigas.....	56
	Diseño de vigas.....	57
7.6	Diseño por corte.....	58
	Diseño por corte	59
7.7	Integración en el eje Y-Y	60
	Integración en el eje Y-Y	61
7.7.1.	Momentos y cortes fijos para cargas muertas.....	62
7.7.2.	Momento finales cargas muertas.....	62
7.7.3.	Cargas vivas.....	63
7.7.4.	Cargas de sismo.....	64
7.7.5.	Momentos finales de sismo.....	64
7.7.6.	Envolvente de momentos.....	65
7.8	Diseño de vigas.....	66
7.8.1.	Vigas principales del primer nivel.....	66

7.8.2. Diseño vigas secundarias 2	67
Diseño vigas secundarias	68
Diseño vigas secundarias	69
Diseño vigas secundarias	70
7.8.3. Diseño de viga secundaria 3	71
Diseño de viga secundaria 3	72
7.8.4. Diseño de viga secundaria 4	73
7.8.5. Diseño viga perimetral 2	74
7.9. Diseño de losas	75
Diseño de losas	76
7.10. Diseño de columnas	77
Diseño de columnas	78
7.10.1. Confinamiento de columna	79
7.11. Diseño de zapatas	80
Diseño de zapatas	81
7.11.1. Diseño de espesor	82
7.11.2. Corte flexionante	83
7.11.3. Diseño de refuerzo	83
7.11.4. Espaciamiento	84
7.11.5. Especificaciones	84
7.12. Diseño de techos	85
7.12.1. Diseño por nudos	86
Diseño por nudos	87
Diseño por nudos	88
7.12.2. Diseño cordón inferior	89
7.12.3. Diseño cordón superior	89
7.12.4. Diseño de diagonales	90
7.13. Diseño de ménsula	91
Diseño de ménsula	92
7.14. Integración del presupuesto	93
7.15. Presupuesto de materiales de construcción	94
Presupuesto de materiales de construcción	95
Presupuesto de materiales de construcción	96
7.16. Presupuesto de mano de obra	97
Presupuesto de mano de obra	98
7.17. Resumen del presupuesto	99
7.18. Presupuesto de equipo para laboratorio de mecánica de suelos	100
7.19. Presupuesto de equipo para laboratorio de concreto armado 1 y materiales de construcción	101
Presupuesto de equipo para laboratorio de concreto armado 1 y materiales de construcción	102
CONCLUSIONES	103
RECOMENDACIONES	104
BIBLIOGRAFÍA	105
ANEXO	

LISTADO DE ABREVIATURAS Y SIMBOLOS

SIMBOLO	DESCRIPCION
mm	Milímetros.
\leq	Menor o igual que.
\geq	Mayor o igual que.
γ	Peso específico.
P	Carga puntual.
t	Espesor.
A	Area.
mt.	Metros.
cm.	Centímetros.
Kg.	Kilogramos.
I.	Inercia.
Δ	Desplazamiento.
\ominus	Angulo de giro.
K.	Rigidez.
CM.	Carga Muerta.
CV.	Carga Viva.
S.	Fuerza de sismo.
F'c.	Esfuerzo de concreto.
F'y	Esfuerzo del acero.
Mu	Momento último.
As min.	Area de acero mínimo.
As max.	Area de acero máximo.
Vc.	Corte de Concreto.
Av.	Area de varilla.
E.	Esbeltez.
F.	Fuerza.
L.	Longitud.
CS.	Cordón superior.
CI.	Cordón inferior.
Vr.	Corte resistente.
Va.	Corte actuante.
\emptyset .	Diámetro de la varilla.

GLOSARIO

AFORO: Es una estimación o medida de cantidad de agua por unidad de tiempo.

AGLOMERANTE: Compuesto que posee la capacidad de juntar o pegar.

CONCRETO: Mezcla de arena, grava y cemento; amasado con agua.

DIVISIONES: Forma en que está dividido el Centro Universitario de Occidente, según el tipo y afinidad de Carreras que la forman.

FRICCION: Resistencia o roce de dos superficies en contacto.

GRANULOMETRIA: Prueba realizada en los suelos para determinar el tamaño de las partículas que los componen.

HIDROSTATICA: Parte de la mecánica que estudia las condiciones de equilibrio de los líquidos y la repartición de las presiones que estos ejercen.

INFRAESTRUCTURA: Conjunto de instalaciones que conforman una estructura de cualquier tipo.

LABORATORIO: Local dispuesto para realizar investigaciones científicas.

TAMICES: Se usan para pruebas de granulometría y para separar los materiales finos de los gruesos al preparar muestras para varios ensayos.

VERTEDEROS: Lugar por donde se vierte o echa algo.

INTRODUCCION

La Universidad de San Carlos de Guatemala, contempla en sus lineamientos la extensión de sus diferentes unidades académicas a los departamentos del interior de la República.

Con la implementación del Plan de Estudios Básicos en la Universidad de San Carlos en 1964, surge la creación del Centro Universitario de Occidente, con sede en Quetzaltenango. La Carrera de Ingeniería es formada en dicho Centro por medio de su Carta Constitutiva en 1970, impartiendo únicamente el primer año de dicha Carrera.

No fue sino hasta el año de 1982 en que el Consejo Superior Universitario, autoriza la creación del segundo año de la Carrera de Ingeniería, en 1987, el tercer año y en un esfuerzo sin precedentes se logra en 1995 la autorización del Quinto año de las Carreras de Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica e Ingeniería Industrial, logrando de este modo, que el Centro Universitario de Occidente, esté en la facultad de egresar ingenieros civiles, mecánicos e industriales.

El Centro Universitario de Occidente no cuenta con instalaciones para laboratorios, ni equipo para la implementación de los mismos, por consiguiente, las funciones de docencia e investigación no se cumplen a cabalidad, dando como resultado una deficiente formación académica, técnica y profesional de los estudiantes.

Como un aporte de la Facultad de Ingeniería, a través de la Unidad del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), se desarrolla la planificación y diseño del área para laboratorios de Ingeniería del Centro Universitario de Occidente, así como los requerimientos técnico-constructivos para la realización y futura implementación de los mismos.

La descentralización de la Universidad de San Carlos, implica constante verificación y actualización de sus programas de enseñanza superior, sobre todo en aquellas áreas que contribuyen a elevar el nivel de vida de las diferentes regiones del país, razón por la cual, es indispensable contar con todos los medios didácticos y técnicos disponibles, para lograr el desarrollo científico en la región sur-occidental del país.

OBJETIVOS

GENERALES:

- 1.- Contribuir a desarrollar un nivel académico apropiado, en la formación técnica y profesional de los estudiantes de Ingeniería Civil del Centro Universitario de Occidente.
- 2.- Colaborar con el cumplimiento de una de las funciones principales de la Universidad de San Carlos de Guatemala; la investigación y el servicio; fomentando así el desarrollo técnico y científico de la región sur-occidental del país.

ESPECIFICOS:

- 1.- Planificar y diseñar el área de los laboratorios de Ingeniería del Centro Universitario de Occidente, para que llenen los requisitos técnicos y constructivos necesarios e indispensables para la construcción futura de los mismos.
- 2.- Proporcionar una guía a la Coordinación de la Carrera de Ingeniería del Centro Universitario de Occidente, sobre el equipo necesario para implementación de los laboratorios, así como la determinación del costo de los mismos.
- 3.- Presentar el costo del proyecto, en las tres fases más importantes del mismo; infraestructura, equipo y mano de obra.

CAPITULO UNO

INFORMACION GENERAL DE LAS CARRERAS DE INGENIERIA
DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE

1.1 ANTECEDENTES HISTORICOS:

El estudio de la Carrera de Ingeniería en el Centro Universitario de Occidente, surgió a raíz de la implementación del Plan de Estudios Básicos en la Universidad de San Carlos de Guatemala en 1964, en dicho plan, se podrían estudiar los dos primeros años de todas las carreras que servía en ése entonces la Universidad, y de acuerdo a la Carta Constitutiva del Centro Universitario de Occidente en 1970, y a su organización en Direcciones y Divisiones, es creada la División de Ciencia y Tecnología, esta División comprende las Carreras de Ingeniería, Agronomía y Ciencias Médicas, de este modo, se impartían los dos primeros años de dichas Carreras.

No fue sino hasta el año de 1982, que el Consejo Superior Universitario, autoriza la creación del segundo año de la Carrera de Ingeniería, provocando un incremento considerable en la inscripción de los alumnos del primer ingreso, así como, en los alumnos que solicitaban la inscripción para el segundo año de la Carrera.

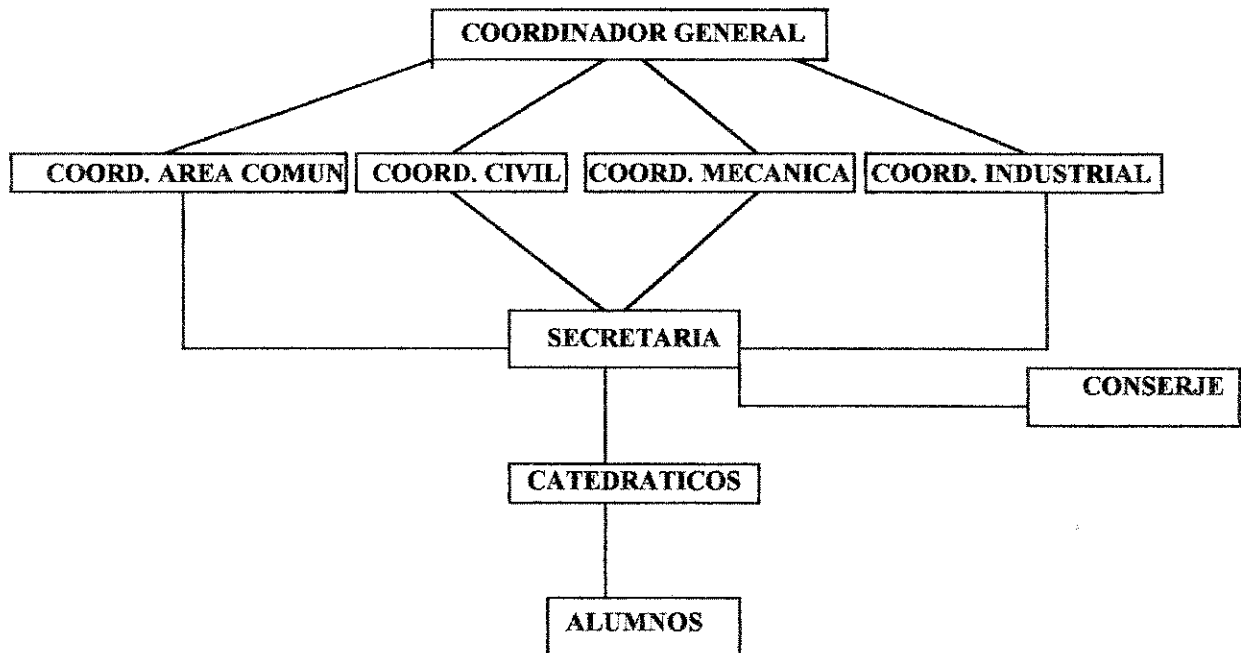
En el año de 1987, se logra la aprobación y respectiva autorización del tercer año de las carreras de Ingeniería Civil, Mecánica, Industrial y Mecánica industrial.

Luego de veinticinco años de su inicio, se alcanza en 1995, por medio de un esfuerzo sin precedentes, la aprobación y autorización del quinto y último año de las carreras de Ingeniería, esto implica que, además de la Facultad de Ingeniería, el Centro Universitario de Occidente puede conferir el Título de ingeniero a los estudiantes que cumplan con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala para su respectiva graduación.

1.2 SITUACION ACTUAL:

1.2.1.- ORGANIZACION:

Las carreras de Ingeniería del Centro Universitario de Occidente están organizadas y dirigidas de acuerdo al siguiente organigrama:



1.2.2.- INFRAESTRUCTURA:

Las instalaciones de Ingeniería, son totalmente inadecuadas para el número de estudiantes que hacen uso de ellas, por ello, se hace indispensable el acudir a otras Divisiones para lograr prestar instalaciones en horarios donde las mismas no son utilizadas. Esto hace modificar horarios y traslados de clases de un lugar a otro.

Básicamente Ingeniería cuenta únicamente con los siguientes ambientes:

- 7 salones de clase de 42 metros cuadrados aproximadamente.
- 1 amplio corredor de 120 metros cuadrados (usos múltiples).
- 1 Salón que reúne las coordinaciones de las carreras y secretaría.
- 2 Servicios Sanitarios de uso general.

Los ambientes descritos con anterioridad están contruidos de mampostería de block, piso de cemento líquido y cubiertos con techo de estructura metálica y lámina tipo perfil 10. El mantenimiento de estas instalaciones está a cargo de los propios estudiantes.

1.2.3.- POBLACION ESTUDIANTIL:

Actualmente las carreras de Ingeniería cuentan con una población de 2,500 estudiantes aproximadamente, entre ellos, la mayoría de estudiantes cursan el área común de dichas Carreras. El crecimiento de la población estudiantil en Ingeniería se debe principalmente a la aprobación del quinto año de la misma, es decir, el estudiantado puede finalizar sus estudios en el Centro Universitario de Occidente y que cumpliendo con los preceptos de ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala pueden optar a la graduación correspondiente. Otro factor importante en el crecimiento continuo de la población estudiantil es la reciente creación de la Escuela de Vacaciones, en donde, como en la facultad de Ingeniería, los estudiantes pueden cursar los contenidos de pensum que mejor se adapte a sus necesidades en el período vacacional, pero al final, la Escuela de este Centro deja mucho que desear y presenta una formación académica muy deficiente hacia los estudiantes.

1.2.4.-RECURSOS:

1.2.4.1 RECURSO HUMANO:

Se puede decir que éste es el único recurso con el que cuenta adecuadamente la carrera de Ingeniería, ya que, por su estructuración, el personal cumple con las funciones y atribuciones que le corresponde. Con el incremento en el presupuesto por la aprobación del último año de las Carreras, la contratación del personal docente es una de las necesidades que se está cubriendo más rápidamente, aunque es pertinente considerar que la mayoría de este personal no cuenta con experiencia en la docencia superior.

Con respecto a instructores de laboratorios de diferente índole, la carrera de Ingeniería no cuenta con ningún tipo, ya que, por la inexistencia misma de laboratorios, la formación de laboratoristas es una actividad que nunca se ha realizado en el Centro Universitario de Occidente.

1.2.4.2. RECURSOS DIDACTICOS:

Se puede enumerar que los únicos recursos didácticos funcionales con los que cuenta la carrera de Ingeniería del Centro Universitario de Occidente son:

- Un laboratorio de Química, el cual tiene una eficiencia del 60% de un laboratorio de la facultad de Ingeniería.
- Un laboratorio de Física, el cual tiene una eficiencia del 40% de un laboratorio de la facultad de Ingeniería.
- Pizarrones de fórmica, contruidos y donados por los mismos estudiantes.

1.2.4.3. RECURSOS BIBLIOGRAFICOS:

En las instalaciones que ocupan las oficinas de Coordinación de las carreras de Ingeniería, existe una muy pobre colección de libros obsoletos, por lo que se hace muy difícil el recurso de la investigación en los estudiantes, teniendo muchas veces, que viajar a la ciudad capital para lograr recopilar la información necesaria. Es obvio que este recurso es uno de los más descuidados por las autoridades de las carreras de Ingeniería del Centro Universitario de Occidente.

Es pertinente considerar que por medio de un esfuerzo conjunto del Centro Universitario de Occidente y de la facultad de Ingeniería se pueden crear las políticas y estrategias que conlleven a la formación del recurso bibliográfico que pueda satisfacer las necesidades mínimas del estudiantado.

CAPITULO DOS

ALCANCES DEL PROYECTO DE LABORATORIOS PARA INGENIERIA
DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE

2.1 NECESIDADES PRIORITARIAS A SATISFACER:

A continuación, se presenta una recopilación de las necesidades de los estudiantes de Ingeniería del Centro Universitario de Occidente, sobre la importancia de la existencia de laboratorios,

- La construcción, a corto plazo, de las instalaciones de los laboratorios para el Centro Universitario de Occidente.
- Las futuras instalaciones de los laboratorios, no deben tener el único fin de docencia, sino lo más importante, deben estar adecuadas para prestar servicio a toda la región sur-occidental del país y contribuir de esa forma a la descentralización de los servicios que presta la Universidad de San Carlos, además fomentar el desarrollo tecnológico de esta región.
- Implementar a la mayor brevedad posible los laboratorios, para ello, deben conocer el listado del equipo necesario e indispensable para la formación de los mismos.
- Conocer las características del equipo y lograr determinar cuál de éste, puede ser construido artesanalmente, y así, adquirirlo rápidamente con la minimización de su costo.
- Contar con el recurso bibliográfico de las guías de los laboratorios, para conocer la metodología que se utiliza en el realización de los mismos.
- Capacitar a un número determinado de estudiantes para que se conviertan en instructores de laboratorios, y lograr de este modo, el personal docente adecuado para la enseñanza y realización de las prácticas de laboratorio.

2.2 PROPUESTAS DE LA CREACION , PLANIFICACION Y DISEÑO DE LOS LABORATORIOS:

Como un requerimiento de la Coordinación General y representantes estudiantiles de la carrera de Ingeniería del Centro Universitario de Occidente, se presenta a continuación una serie de ambientes con los que deben contar las futuras instalaciones del edificio que albergará los laboratorios :

- Area lo suficientemente adecuada para guardar una integración los laboratorios de Materiales de Construcción, Concreto Armado 1, Mecánica de Suelos, Electricidad, Topografía e Hidráulica.
- Un salón de clases para recibir los aspectos teóricos, de cada uno de los laboratorios anteriormente descritos.
- Oficina para cada departamentos técnico responsable de la instrucción de su respectivo laboratorio.
- Salón de conferencias, lo suficientemente amplio para recibir la visita de 80 a 110 personas cómodamente sentadas.
- Salón de Biblioteca específica de Ingeniería, de este modo lograr que el recurso bibliográfico del estudiantado esté acorde a sus necesidades.
- Parqueo funcional, para lograr proporcionar no únicamente aspectos puramente docentes, sino además, aportar servicio a la región sur-occidental.

2.3 INFRAESTRUCTURA NECESARIA:

El conjunto de instalaciones con las que contará el edificio que albergará los laboratorios para Ingeniería del Centro Universitario de Occidente, debe cumplir con las funciones principales de la Universidad de San Carlos, las cuales son:

2.3.1. INVESTIGACION:

Como su nombre lo indica, debe estar en la disposición de lograr nuevos conocimientos sobre las características de los materiales de construcción de la región sur-occidental del país, así como plantear nuevas técnicas constructivas considerando los materiales propios de esa región.

2.3.2. DOCENCIA:

Función que conlleva el proceso de enseñanza-aprendizaje y que tiene como objetivo primordial, lograr que el estudiante adquiriera una adecuada formación académica, técnica y profesional.

2.3.3. PROYECCION SOCIAL:

La función de prestar servicio a las comunidades es uno de los fines de la Universidad de San Carlos, que es el principal Centro de formación de recursos humanos a nivel universitario del país, y por lo tanto, debe atender la demanda creciente de formación en los aspectos de desarrollo científico y tecnológico que presentan las diversas regiones que forman parte del mismo.

CAPITULO TRES

LABORATORIO DE HIDRAULICA Y MECANICA DE FLUIDOS

3.1 DEFINICION DE LAS ACTIVIDADES QUE SE REALIZAN EN EL LABORATORIO:

Las principales actividades que se realizan en los laboratorios de Mecánica de Flúidos e Hidráulica, por lo general, son las prácticas de los mismos, dividiéndose claramente en:

3.1.1 PRACTICAS DE LABORATORIO DE MECANICA DE FLUIDOS:

Estas prácticas, tienen como objetivo primordial, comparar los datos teóricos obtenidos con la aplicación de fórmulas conocidas con los datos propiamente experimentales sobre el movimiento de los líquidos.

La Hidrodinámica recibe este nombre, por el hecho de que el agua es el líquido más abundante en la naturaleza. Ahora bien, las leyes de la Hidrodinámica son válidas tanto para el agua como para todos los demás líquidos e incluso para los gases, siempre que no hayan grandes variaciones en los valores de presión, por ello, la importancia de la realización de las prácticas de laboratorio.

A continuación se hace una muy breve descripción de los experimentos que se realizan usualmente en el laboratorio de Mecánica de Fluidos:

3.1.1.1 EXPERIMENTOS DE HIDROSTATICA:

Partiendo de la ecuación fundamental de la Hidrostática, se puede comprobar que cualquier tipo de experimento, se puede resolver como un simple problema de equilibrio de Mecánica de Sólidos. Un ejemplo ilustrativo es la estabilidad de un cuerpo flotante.

3.1.1.2. EXPERIMENTOS DE HIDRODINAMICA DESARROLLADOS POR CANTIDAD DE MOVIMIENTO:

El principio de Cantidad de Movimiento-Impluso, provee una herramienta bastante usada para solucionar problemas referentes al flujo de un fluido. Se usa principalmente en los casos en que es de interés obtener las fuerzas que se ejercen al moverse un fluido en determinado medio, que por lo general se utiliza en los siguientes casos: fuerzas dinámicas actuando sobre cuerpos estacionarios; fuerzas dinámicas actuando sobre cuerpos movibles; hélices e impulsores; aforadores de fuerza. Un ejemplo ilustrativo es el impacto de un chorro sobre un aspa fija.

3.1.1.3. EXPERIMENTOS DE HIDRODINAMICA DESARROLLADOS CON LA ECUACION DE BERNOUILLI:

La Ecuación de Bernouilli y su forma más general aún, la Ecuación de la Energía, son aplicables a una gran cantidad de problemas que se presentan en la Mecánica de Fluidos. Una de las causas es la visión tan clara que proporciona del fenómeno a estudiar, como también su versatilidad. Resulta imposible describir procedimientos generales a seguir para desarrollar experimentos haciendo uso de la Ecuación de Bernouilli, es por esta razón, que por lo general, se concentra exclusivamente en el punto concerniente a los aforadores. Un ejemplo ilustrativo es el medidor de venturi.

3.1.1.4 EXPERIMENTOS DESARROLLADOS HACIENDO USO DE LOS PRINCIPIOS DE FRICCION:

En los experimentos descritos anteriormente, no se estudió, al tomar en cuenta la fricción, sus orígenes y características. El propósito de estos experimentos es tratar los principios básicos en base a los cuales se puede analizar luego cualquier problema de flujo en el cual la fricción tiene un papel preponderante y que por lo tanto no puede despreciarse. Un ejemplo ilustrativo son la fuerzas de arrastre y sustentación en un perfil de ala de avión.

3.1.2 PRACTICAS DE LABORATORIO DE HIDRAULICA:

Esta práctica tiene como fin, describir el comportamiento del agua en diversas condiciones estáticas y dinámicas. Esta teoría, en general, se ha desarrollado para un líquido ideal, un líquido inelástico, cuyas partículas siguen trayectorias suaves de circulación. Dado que solo el agua se aproxima a ese líquido ideal, se utilizan coeficientes y fórmulas empíricas para describir con más exactitud el comportamiento del agua.

No obstante el alto grado de dependencia en el empirismo no minimiza la importancia del conocimiento de la teoría básica. Dado que los problemas hidráulicos mayores rara vez son idénticos a los experimentos de los cuales se derivaron los coeficientes empíricos, la aplicación de los fundamentos, con frecuencia es el único medio disponible para resolver los problemas.

A continuación se hace una muy breve descripción de las prácticas que usualmente se realizan en el laboratorio de Hidráulica:

3.1.2.1. TEORIA BASICA:

Es la parte más importante de la iniciación de las prácticas del laboratorio, concretamente resuelve los cuestionamientos sobre consideraciones generales de hidráulica, fórmulas convencionales de flujo, fórmulas de flujo universales y fórmulas de diseño y sobre los conceptos básicos del flujo en canales así como el estudio del resalto hidráulico.

Es obvia la importancia de impartir la teoría previo a la realización de las prácticas, logrando de este modo, una comparación concreta de los resultado teóricos con los resultados puramente experimentales.

3.1.2.2. PERDIDAS POR FRICCION A TRAVES DE UNA TUBERIA:

La resistencia de rozamiento a la cual un fluido está sometido mientras fluye a través de una tubería, da como resultado una pérdida continua de energía de la carga total del fluido. Determinar esta pérdida por medios experimentales es el objetivo primordial de esta práctica.

3.1.2.3. DISPOSITIVOS DE AFORO EN HIDRAULICA:

En la ingeniería y en la práctica industrial, uno de los problemas relacionados con los fluidos y con el que con más frecuencia se encuentra es la determinación de muchas características de los fluidos. Las mediciones eficientes y precisas, también son esenciales para llegar a conclusiones correctas en Hidráulica.

3.1.2.4. DISTRIBUCION DE VELOCIDADES EN UN CANAL RECTANGULAR:

El flujo en canales es fundamentalmente similar al flujo analizado previamente en las tuberías, pero posee una característica que lo hace bastante más difícil de ser investigado (una superficie libre), cuya forma introduce una variable adicional en cualquier relación dimensional que se considere. En estas prácticas se conocerá que el flujo en canales presenta por lo tanto los fenómenos de distribución de velocidad, resistencia, viscosidad, etc.

3.1.2.5. VERTEDERO VENTILADO Y SIN VENTILAR:

Los vertederos son estructuras hidráulicas de control, que se colocan en un canal, para provocar un embalse aguas arriba, con la finalidad de medir el gasto del canal; esto se consigue midiendo la altura de la superficie libre del agua sobre la cresta del vertedero. Por medio de la realización de estas prácticas se conocerá que existen dos clases de vertederos, los de pared delgada y los de pared gruesa.

3.1.2.6. RESALTO HIDRAULICO Y ALTURA ESPECIFICA EN UN CANAL

RECTANGULAR:

Cuando las condiciones de flujo en una canal varían de régimen rápido a régimen tranquilo, o sea de un número de Froude mayor que la unidad o uno menor, se forma en la corriente lo que se llama resalto, y una gran cantidad de energía de la velocidad se transforma en rotación de las partículas de agua, provocando fuerte turbulencia y disipándose la energía en forma de calor. Para que el resalto se forme deben, desde luego, existir condiciones especiales y en esta práctica se estudiarán las mismas.

3.1.2.7. CALIBRACION VERTEDERO TRIANGULAR PARA USO DE LA RUEDA

PELTON

Cuando la descarga del líquido se efectúa por encima de un muro o una placa y a superficie libre, la estructura hidráulica en la que ocurre se llama Vertedero, éste puede presentar varias formas según las finalidades a que se destine. Así, cuando la descarga se efectúa sobre una placa con perfil de cualquier forma, pero con arista aguda, el vertedero se llama de pared delgada; por el contrario, cuando el contacto entre la pared y la lámina vertiente es más bien toda una superficie, el vertedero es de pared gruesa. Ambos tipos pueden utilizarse como dispositivos de aforo en laboratorio o en canales de pequeñas dimensiones, pero el segundo puede emplearse como obra de control o de excedencias en una presa y también de aforo en canales grandes.

3.1.2.8. CURVAS CARACTERISTICAS DE UNA RUEDA PELTON:

La función de una máquina hidráulica es efectuar un cambio de energía entre un sistema mecánico y un sistema fluido. Los únicos tipos de máquina hidráulica con los cuales se relaciona directamente la Ingeniería con las bombas y turbinas.

La moderna turbina hidráulica es la evolución natural de la sencilla rueda hidráulica. Cuando se une a un generador constituye un medio extraordinariamente eficaz de convertir la energía hidráulica en eléctrica.

3.2 INFRAESTRUCTURA:

La infraestructura con la que debe contar el laboratorio de Hidráulica y Mecánica de Fluidos, básicamente se resume en:

3.2.1 INSTALACIONES:

3.2.1.1. INSTALACIONES HIDRAULICAS:

Estas instalaciones son de suma importancia para la realización de las prácticas de los laboratorios, esencialmente deben contar con lo siguiente:

- Un caudal instantáneo de 1 lit/seg.
- Un tanque cisterna no menor de 3 metros cúbicos.
- Un canal rectangular de vidrio (se usa en la prácticas).
- Bombas hidroneumáticas de 1 HP (se usan en prácticas).
- Tubería y accesorios (sirven para la distribución del flujo en las prácticas).

3.2.1.2 INSTALACIONES DE DRENAJES:

Concretamente estas instalaciones deben estar acondicionadas para evacuar rápidamente el agua que se utilice en la realización de las prácticas, de este modo, evitar al máximo el reposo de la misma y por consiguiente su descomposición. Es importante la adecuada colocación de cajas de registro para evitar el colapso accidental de la tubería de drenaje y que repercutiría en el funcionamiento del sistema completo.

3.2.1.3 INSTALACIONES ELECTRICAS:

Estas, deben proporcionar la capacidad adecuada para lograr el correcto funcionamiento de los circuitos de luz y fuerza, es decir, producir una iluminación eficiente y al mismo tiempo, contar con la energía necesaria para el arranque y funcionamiento del equipo que se utiliza en el laboratorio.

3.2.2 EQUIPO:

Por tratarse de un laboratorio eminentemente destinado a la docencia, el equipo utilizado en la realización de las prácticas puede fabricarse casi en su totalidad artesanalmente, con la condición que debe guardar las especificaciones y requerimientos existentes para los mismos, como por ejemplo; medidas, características del material, diámetros de tubería, accesorios, etc.

Dentro de los medidores que deben existir en todo laboratorio de Mecánica de fluidos e Hidráulica se enumeran los siguientes:

- Medidores de Peso: tanques de pesado.
- Medidores de Volumen: tanques, medidores de desplazamiento (contadores)
- Medidores de altura: venturímetro, orificio, tobera, codo, tubo de Pitot, tubo de Pitot-Venturi.
- Medidores de altura constante y área: secciones de control para flujo crítico.
- Medidores de área: rotámetros.
- Medidores de fuerza: péndulo hidrométrico, aspas.
- Medidores de velocidad: anemómetro, molinete hidráulico.
- Medidores térmicos: de alambre caliente.

Además del equipo descrito anteriormente, es indispensable que el laboratorio cuente con un tanque cisterna de una capacidad no menor de tres (3) metros cúbicos, así como de una bomba hidroneumática de 1 HP de potencia. (utilizada en las prácticas en canales).

Es recomendable recalcar la importancia del conocimiento de todos los requerimientos y especificaciones del equipo que se utiliza en el laboratorio, ya que, fabricándose artesanalmente, se logran minimizar los costos y el funcionamiento esperado en el mismo.

CAPITULO CUATRO

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

4.1 DEFINICION DE LAS ACTIVIDADES QUE SE REALIZAN EN EL LABORATORIO:

Las principales actividades que se realizan en el laboratorio de Mécanica de Suelos, se dividen en: el servicio y la docencia, en la presente tesis se contemplan únicamente las actividades relacionadas con los contenidos académicos, es decir, eminentemente docentes. Estas actividades se resumen en:

4.1.1 ENSAYOS PARA LA CLASIFICACION DE SUELOS:

Estos ensayos se usan para identificar suelos, de modo que puedan ser descritos y clasificados adecuadamente. Pueden ser los siguientes:

4.1.1.1 ANALISIS GRANULOMETRICO:

El análisis granulométrico de un suelo consiste en separar y clasificar por tamaños los granos que lo componen. Este análisis se hace en dos etapas:

- Por medio de una serie de tamices para tamaños grandes y medianos de las partículas, o sea las llamadas granulometrías gruesa y fina.
- Por medio de un proceso de vía húmeda para granos muy finos.

4.1.1.2 LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG:

Las propiedades plásticas de los suelos arcillosos o timosos pueden ser estudiadas aproximadamente por medio de pruebas simples. Las más usuales se denominan límites de consistencia o de atterberg.

Un suelo arcilloso, con un alto contenido de agua, se comporta como un líquido. Al perder agua, va aumentando de resistencia hasta llegar a tener un estado plástico, fácilmente moldeable; al continuar el secado llega a adquirir un estado semisólido. Al continuar la pérdida de agua, pasa al estado sólido.

Los cambios de estado se producen gradualmente y los límites fijados arbitrariamente, entre ellos se denominan: límite líquido, límite plástico y límite de contracción.

4.1.2 ENSAYOS PARA CONTROL DE LA CONSTRUCCION

Estos ensayos se usan par asegurar que los suelos se compactan adecuadamente durante la construcción, y que se cumplan las condiciones impuestas en el proyecto. Estos ensayos son:

4.1.2.1 ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD:

El contenido de humedad o más comúnmente la humedad de la muestra de un suelo, es la relación entre el peso de agua contenida en la muestra y el peso de la muestra después de ser secada al horno, expresada como tanto por ciento.

Este es, sin duda alguna, el ensayo que se efectúa más a menudo en los laboratorios de suelos, pues es necesario para poder efectuar otras pruebas, tales como: el próctor, el C.B.R., los límites, las densidades de campo, etc.

4.1.2.2. DETERMINACION DEL PESO UNITARIO O DENSIDAD MAXIMA

(PROCTOR) Y HUMEDAD OPTIMA:

Compactación es el proceso, realizado generalmente por medios mecánicos, para efectuar presiones sobre el material para mejorar su densidad o acondicionar mejor su volumen, disminuyendo sus vacíos.

Por medio de la compactación del suelo en condiciones controladas, casi puede eliminarse el aire de los poros y llevar el terreno a unas condiciones en las que será menor la tendencia a que se produzcan posteriores cambios de humedad.

4.1.2.3 DETERMINACION DE LA DENSIDAD DE CAMPO PARA OBTENER EL % DE COMPACTACION:

Este importante ensayo se usa con el fin de conocer y controlar la compactación de terraplenes y capas de base, también se usa para determinar la densidad “in situ” y porcentajes de contracción o hinchamiento de materiales.

4.1.2.4 ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA:

Este ensayo se efectúa con el fin de conocer el porcentaje relativo de finos-plásticos que contienen los suelos y los agregados pétreos; es un método rápido que se puede hacer tanto en el campo como en el laboratorio. Se lleva a cabo, principalmente, cuando se trata de materiales que se usarán para base, sub-base, o sea en bancos de préstamo.

4.1.2.5 ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO, “C.B.R.” O RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA

El C.B.R. se expresa como un porcentaje del esfuerzo requerido para hacer penetrar un pistón en el suelo que se ensaya, en relación con el esfuerzo requerido para hacer penetrar el pistón hasta la misma profundidad de una muestra patrón de piedra triturada bien graduada.

4.2 INFRAESTRUCTURA:

La infraestructura con la que debe contar el laboratorio de Mecánica de Suelos, básicamente se resume en:

4.2.1 INSTALACIONES:

4.2.1.1. INSTALACIONES HIDRAULICAS:

Estas instalaciones son de suma importancia para la realización de las prácticas de los laboratorios, esencialmente deben contar con lo siguiente:

- Una adecuada distribución en los ambientes para lograr rapidez de abastecimiento en la realización de las prácticas o servicios.
- Un tanque cisterna no menor de 0.25 metros cúbicos.

4.2.1.2 INSTALACIONES DE DRENAJES:

Concretamente estas instalaciones deben estar acondicionadas para evacuar rápidamente el agua que se utilice en la realización de las prácticas, de este modo, evitar al máximo el reposo de la misma y por consiguiente su descomposición. Es importante la adecuada colocación de cajas de registro, así como, cajas desarenadoras para evitar el colapso accidental de la tubería de drenaje y que repercutiría en el funcionamiento del sistema completo.

4.2.1.3 INSTALACIONES ELECTRICAS:

Estas, deben proporcionar la capacidad adecuada para lograr el correcto funcionamiento de los circuitos de luz y fuerza, es decir, producir una iluminación eficiente y al mismo tiempo, contar con la energía necesaria para el arranque y funcionamiento del equipo que se utiliza en el laboratorio.

4.2.2. EQUIPO:

Es altamente recomendable usar un equipo de buena calidad, fuerte y de excelente precisión, aún para el equipo que se construye para ser usado en el campo, su manejo deberá ser ordenado y cuidadoso, para evitar en todo momento su deterioro, así como para obtener buenos resultados.

Los elementos principales de un equipo de laboratorio para el campo son los siguientes:

4.2.2.1.- BARRENA (SONDA):

Se usa para la exploración del suelo y para obtener muestras en bolsas. Los bordes cortantes deben mantenerse afilados limándolos. Se debe limpiar, así como aplicarle grasa o aceite de máquina para prevenir la herrumbre. El diámetro es de 10.16 centímetros.

4.2.2.2.- EXTENSIONES DE LA BARRENA:

Se usan para limpiar la barrena y realizar perforaciones a profundidades superiores a 1.20 metros, se unen firmemente utilizando una llave para tubos, antes de proceder a utilizarlos.

4.2.2.3.- HORNILLO O REVERBERA:

Se usa para secar las muestras. Para obtener una mayor eficiencia y vida del hornillo se quema gasolina sin plomo (blanca).- Si se usa gasolina con plomo, hay que proveer adecuada ventilación para evitar los nocivos efectos de los humos.

4.2.2.4.- ESTUFA DE CAMPO:

Se usa junto con el hornillo para secar las muestras. La temperatura se controla regulando la llama, generalmente tiene dos o tres quemadores.

4.2.2.5.- APARATO PARA LIMITE LIQUIDO Y ACANALADOR:

Se usan para realizar el ensayo de límite líquido; deben mantenerse limpias todas sus partes y verificarse frecuentemente su ajuste, especialmente la altura de caída; cuando se requiera resultados precisos, la base debe estar fabricada de goma dura; si el modelo tuviera la base de madera, ésta deberá ser reemplazada.

4.2.2.6.- BALANZAS DE RESORTES Y DINAMOMETROS:

Se usan sólo para pesar muestras en el campo; se deben mantener limpios, libres de herrumbre y comprobar frecuentemente su exactitud, la cual no es muy precisa, por lo que no son muy confiables.

4.2.2.7.- BALANZA DE TORSION:

Se usa para pesados entre 100 y 4,500 gramos. No se debe recargar. Se deben proteger los filos de la cuchilla de deterioros y del polvo. Verificar el ajuste diariamente y limpiar las partes móviles cada semana, cuando se use frecuentemente. Nunca dejar la balanza con una pesa en los platillos y no usar nunca las pesas para cualquier otro

propósito. Se utiliza para pesar materiales en estudios granulométricos y otros pesados de tipo general.

4.2.2.8.- BALANZA DE TRES ESCALAS:

Se usa para pesados hasta de 211 gramos. Requiere los mismos cuidados que la balanza de torsión. Su sensibilidad es de 0.01 gramos. Este tipo de balanza se usa para determinaciones de contenido de humedad y también para ensayos del peso específico.

4.2.2.9.- SERIE DE CRIBAS (TAMICES) PORTATILES:

Se usa para tamizar grandes muestras. Solamente se puede utilizar una criba a un tiempo. Esta se mantiene en su sitio por medio del bastidor, abrazadera, platillo fijador y manija. Las cribas de alambre deben protegerse de deterioros. El juego tiene un recipiente de fondo que sirve de apoyo para facilitar la operación del cribado a mano.

4.2.2.10.- TAMICES:

Se usan para análisis granulométricos y para separar los materiales finos de los gruesos al preparar las muestras para varios ensayos. Los tamices finos son frágiles y no deben ser maltratados ni sobrecargados. Los tamices finos deben protegerse siempre con un tamiz más grueso. Limpiarlos después de cada análisis cepillándolos con brocha. Reparar los tamices agujereados con soldadura. El tamaño normal es de 20.32 cm (8"), el juego de tamices incluye tapa y cazoleta de fondo.

4.2.2.11.- EQUIPO DE ENSAYOS DE DENSIDAD MAXIMA Y HUMEDAD OPTIMA (PROCTOR)

El martillo está formado por el pisón y la guía, además de un molde de compactación de cuatro pulgadas (10 cm) de 1/30 de pie cúbico (944 cc) desmontado. El pisón y la guía se deben mantener limpios, de modo que aquel caiga libremente. Se debe verificar con regularidad el peso y la altura de la caída. Igualmente los agujeros en el fondo de la guía deben mantenerse abiertos, para permitir la salida del aire a la caída del pisón.

4.2.2.12.- EQUIPO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.):

Se usa para el ensayo de C.B.R. Las partes metálicas sin pintar se deben mantener limpias y cubiertas con grasa mientras no se usen, para evitar la herrumbre.

- - Anillo toma muestras:

Se usa para tomar muestras inalteradas.

- - Molde de compactación con anillo y base:

Para compactar las muestras antes del ensayo.

- - Extensómetro o indicador con cuadrante:

Se usa para medir exactamente el hinchamiento y la penetración; está graduado en milésimas de pulgada. Este es un instrumento de precisión y debe guardarse en un sitio protegido cuando no se use. No se debe engrasar.

CAPITULO CINCO

LABORATORIO DE CONCRETO ARMADO UNO

5.1 DEFINICION DE LAS ACTIVIDADES QUE SE REALIZAN EN EL LABORATORIO:

Las principales actividades que se realizan en el laboratorio de Concreto Armado son eminentemente docentes, éstas tienen como objetivo permitir al estudiante establecer contacto directo con el concreto armado, conociendo de esa manera, las características y cualidades del concreto. Las prácticas más usuales en el laboratorio son las siguientes:

5.1.1 CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO

El control de calidad tiene por objeto verificar que los requisitos especificados para cierto producto se cumplan dentro de tolerancias previamente establecidas.

El control de calidad del concreto en Guatemala se realiza en base a las normas del American Concrete Institute (A.C.I.).

Esta práctica tiene como objetivo obtener información de calidad del concreto por medio de evaluación estadística y a través de los resultados de resistencia a compresión de cilindros.

5.1.2. ESTUDIO DEL VERDADERO ESFUERZO ULTIMO EN COMPRESION DEL CONCRETO:

Entre algunos de los factores que influyen en la resistencia del concreto, el efecto de la carga sostenida es uno de los que debe ser considerado especialmente por parte del ingeniero. El concreto sometido a cargas de larga duración según han demostrado las pruebas realizadas, falla a una carga menor que la que resistiría en una prueba de corta duración. Así, se tiene cuando se prueba a compresión un espécimen de concreto en un tiempo corto, se obtiene una resistencia máxima dada, pero si este espécimen es probado bajo cargas lentamente aplicadas o sostenidas largo tiempo, el valor de su resistencia

máxima disminuye; por lo tanto, para la seguridad de las estructuras de concreto, es necesario conocer la carga permanente que puede ser sostenida indefinidamente sin que se produzcan fallas.

5.1.3 ESTUDIO DE LA DISTRIBUCION DE ESFUERZOS EN COMPRESION DEBIDO A LA FLEXION:

De la distribución de esfuerzos en la zona de compresión en un elemento sometido a flexión se ha escrito bastante, es necesario exponer solamente algunas de las teorías de mayor aceptación actual y explicar sus relaciones y aplicaciones para el diseño a la resistencia última de secciones rectangulares de concreto reforzadas en tensión.

Esta práctica tiene como objetivo estudiar la distribución de esfuerzos en la zona de compresión en un elemento de concreto sujeto a flexión simple y hacer un análisis de resultados para encontrar métodos de diseño ajustados a nuestros materiales.

5.1.4 ESTUDIO DE LA TENSION DIAGONAL EN VIGAS DE CONCRETO DE SECCION RECTANGULAR

Una de las teorías más influyentes en este tema, afirma que el concreto del alma de una viga rectangular, toma una cantidad de esfuerzo cortante y el acero transversal otra parte. La zona de compresión, puede tomar tracciones inclinadas.

El objetivo principal de esta práctica es observar el comportamiento de vigas de concreto con y sin refuerzo a corte, sometidas a flexión que fallan por tensión diagonal y al mismo tiempo, establecer comparación entre el estudio experimental y los métodos analíticos.

5.1.5 DISEÑO, CONSTRUCCION Y ENSAYO DE UNA VIGA DE CONCRETO REFORZADO DE SECCION RECTANGULAR:

Se requiere, que el estudiante aplique en su totalidad los conocimientos adquiridos durante el curso en lo que se refiere a diseño de elementos de sección rectangular de concreto reforzado, además, pueda verificar experimentalmente la resistencia real del elemento diseñado para cierta resistencia y con esto se amplíen los criterios de diseño.

5.2 INFRAESTRUCTURA:

La infraestructura con la que debe contar el laboratorio de Concreto Armado Uno , básicamente se resume en:

5.2.1 INSTALACIONES:

5.2.1.1. INSTALACIONES HIDRAULICAS:

Estas instalaciones son de suma importancia para la realización de las prácticas de los laboratorios, esencialmente deben contar con lo siguiente:

- Una adecuada distribución en los ambientes para lograr rapidez de abastecimiento en la realización de las prácticas o servicios.
- Un tanque cisterna no menor de 0.25 metros cúbicos.

5.2.1.2 INSTALACIONES DE DRENAJES:

Concretamente estas instalaciones deben estar acondicionadas para evacuar rápidamente el agua que se utilice en la realización de las prácticas, de este modo, evitar al máximo el reposo de la misma y por consiguiente su descomposición. Es importante la adecuada colocación de cajas de registro, así como cajas desarenadoras para evitar el colapso accidental de la tubería de drenaje y que repercutiría en el funcionamiento del sistema completo.

5.2.1.3 INSTALACIONES ELECTRICAS:

Estas, deben proporcionar la capacidad adecuada para lograr el correcto funcionamiento de los circuitos de luz y fuerza, es decir, producir una iluminación eficiente y al mismo tiempo, contar con la energía necesaria para el arranque y funcionamiento del equipo que se utiliza en el laboratorio.

5.2.2. EQUIPO:

El equipo utilizado en el desarrollo de las prácticas está clasificado en: Equipo de alta precisión y equipo complementario.

5.2.2.1. EQUIPO DE PRECISION:

El equipo de precisión es de suma importancia en la realización de las prácticas, gracias a éste, se recopila la información más exacta de las cantidades de deformaciones y cargas que son capaces de soportar los elementos estructurales utilizados en las diversas pruebas. Dentro del equipo más utilizado en este laboratorio se puede mencionar:

5.2.2.1.1 - MAQUINA UNIVERSAL:

Esta, sirve para realizar pruebas de flexo-comprensión en vigas de sección rectangular, determinando así, la cantidad de carga máxima que pueden soportar estos elementos. Es necesario, como característica, que pueda ejercer una carga de 100 toneladas en tracción y 200 toneladas en compresión.

5.2.2.1.2- MAQUINA MULTIENSAYO:

Esta máquina es utilizada para pruebas de compresión en cilindros de concreto, y lograr así, determinar la resistencia que pueden presentar los concretos según las características de los mismos. Es necesario que esta máquina tenga la capacidad de aportar una carga de 200 Kilonewton en tracción y compresión.

5.2.2.1.3.- EXTENSOMETROS Y DEFORMOMETROS:

Es equipo de precisión, que se llamará auxiliar de los antes mencionados y que permiten conocer la cantidad de deformación que van generando los elementos que se utilizan para las diversas pruebas, según la cantidad de carga que se les aplique, así como, la ubicación de la misma.

5.2.2.2. EQUIPO COMPLEMENTARIO:

Debe entenderse por equipo complementario, al utilizado como herramienta y utensilios para la construcción de los elementos de concreto armado que se utilizarán para las pruebas respectivas. A continuación se presenta un listado de este equipo, omitiendo la función del mismo, la cual resulta obvia.

- BERNIER STANDARD
- TAMIZADORAS
- NIVELADORES DE CILINDROS
- MEZCLADORAS
- CARRETILLAS DE MANO
- TROCKETS
- JUEGO DE GRIFAS
- CUBETAS CONCRETERAS
- TENAZAS Y ALICATES
- MARTILLOS DE 5 LIBRAS
- CUCHARAS DE ALBAÑIL
- BALANZAS DE 20 KILOGRAMOS
- BALANZA DE 500 KILOGRAMOS
- PROBETAS DE 1500 MILILITROS
- PROBETAS DE 100 MILILITROS

CAPITULO SEIS

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

6.1 DEFINICION DE LAS ACTIVIDADES QUE SE REALIZAN EN EL LABORATORIO:

Las principales actividades que se realizan en el laboratorio de Materiales de Construcción, se dividen en: El servicio y la docencia, en la presente tesis se contemplan únicamente las actividades relacionadas con los contenidos académicos, es decir, eminentemente docentes. Estas actividades se resumen en:

6.1.1 PRUEBA DE DUREZA Y DESGASTE EN MATERIALES:

La dureza ha significado muchas cosas: resistencia a abrasión o desgaste, a rayado, a cortado, o bien alta resistencia, fragilidad, tenacidad, resiliencia, rigidez o combinaciones de éstas.

Una definición generalizada de dureza sería: Propiedad del material que denota resistencia a deformación elástica e inelástica y a rotura de un material, al ser sometido a la acción de penetración, indentación o rayado por otro material.

En estas prácticas, se realizan varias pruebas de dureza para los diferentes tipos de material, siendo las más conocidas: Brinell, Rockwell, Vickers.

6.1.2 CARGAS DE IMPACTO, REPETIDAS Y LARGA DURACION

La experiencia indica que la resistencia de un material bajo carga, depende de la forma de aplicación de la carga. Un elemento que normalmente resiste una carga estática sin fallar, falla bajo la aplicación de esta misma carga en forma repetida o súbita. Esto sucede especialmente en el caso de hierro fundido, aceros de alto contenido de carbón, vidrio y algunos plásticos. Así mismo, para que un material que exhibe gran ductilidad bajo carga estática pueden fallar abruptamente como material frágil bajo carga de impacto.

De modo que debe considerarse la forma de aplicación de carga, para definir la resistencia de un material.

6.1.3 ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS EN MATERIALES DE INGENIERIA:

El objeto de los ensayos no destructivos es la determinación de las características o propiedades de un material o producto sin someterlo a ensayos que los destruyan o deterioran.

A pesar de que las pruebas destructivas demuestran que un material o producto dado tiene determinadas características o propiedades de acuerdo con el ensayo efectuado, no hay una garantía que el producto en servicio sea de la misma calidad o que esté libre de defectos.

6.1.4 ENSAYOS EN AGLOMERANTES Y MORTEROS:

Esta práctica, pretende conocer las características de los aglomerantes, específicamente, los cementos y las cales que se utilizan en la construcción.

Para lograr lo anterior, existen diversas pruebas, como por ejemplo: Finura, fraguado de cemento, ensayo de estabilidad volumétrica, ensayo de resistencia a tensión, ensayo de compresión, ensayo de flexión, ensayos de adherencia y ensayo de las cales.

6.1.5 DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO Y ENSAYOS DE CONCRETO

FRESCO:

El concreto u hormigón es una mezcla dosificada de agregados inertes, cemento y agua.

El concreto de cemento portland, está formado por una parte activa (pegamento) pasta agua-cemento y una parte inerte (agregados). En las mezclas, las proporciones de estos componentes están controlados por varios requisitos, los cuales, por medio de esta práctica se conocerán .

Proporcionar o diseñar una mezcla de concreto consiste en determinar las cantidades relativas de materiales que se emplean par obtener un concreto adecuado para un uso determinado, al lograr ésto, se alcanzará el objetivo de esta práctica.

6.2 INFRAESTRUCTURA:

La infraestructura con la que debe contar el laboratorio de Materiales de Construcción , básicamente se resume en:

6.2.1 INSTALACIONES:

6.2.1.1. INSTALACIONES HIDRAULICAS:

Estas instalaciones son de suma importancia para la realización de las prácticas de los laboratorios, esencialmente deben contar con lo siguiente:

- Una adecuada distribución en los ambientes para lograr rapidez de abastecimiento en la realización de las prácticas o servicios.
- Un tanque cisterna no menor de 0.25 metros cúbicos.

6.2.1.2 INSTALACIONES DE DRENAJES:

Concretamente estas instalaciones deben estar acondicionadas para evacuar rápidamente el agua que se utilice en la realización de las prácticas, de este modo, evitar al máximo el reposo de la misma y por consiguiente su descomposición. Es importante la adecuada colocación de cajas de registro, así como cajas desarenadoras para evitar el colapso accidental de la tubería de drenaje y que repercutiría en el funcionamiento del sistema completo.

6.2.1.3 INSTALACIONES ELECTRICAS:

Estas, deben proporcionar la capacidad adecuada para lograr el correcto funcionamiento de los circuitos de luz y fuerza, es decir, producir una iluminación eficiente y al mismo tiempo, contar con la energía necesaria para el arranque y funcionamiento del equipo que se utiliza en el laboratorio.

6.2.2. EQUIPO:

A continuación se presenta un listado del equipo indispensable que debe existir en el laboratorio de Materiales de Construcción, se omite el funcionamiento del mismo, por haberse realizado en el capítulo anterior. El equipo es el siguiente:

- MAQUINA UNIVERSAL.
- MAQUINA MULTIENSAYO.
- JUEGO DE ESTENSOMETROS.
- JUEGO DE CALIBRADORES.
- MAQUINA RIEHLE (ensayo en tensión para maderas)
- MAQUINA PARA ENSAYOS DE DESGASTE EN MADERAS.
- MAQUINA PARA ENSAYO DE PRESION EN TUBOS DE CONCRETO.
- MAQUINA PARA ENSAYOS EN TUBERIA DE P.V.C.
- HORNO (temperatura de 10 a 260 grados centígrados)
- MAQUINA PARA ENSAYO DE DUREZA BRINELL
- MAQUINA PARA ENSAYO DE DUREZA ROCWELL.

El listado del equipo complementario, es idéntico al del laboratorio de Concreto Armado Uno descrito en el capítulo anterior.

CAPITULO SIETE

7.0 DISEÑO ARQUITECTONICO:

Básicamente, el diseño arquitectónico del presente proyecto presenta una integración de los requerimientos planteados por la Coordinación y los representantes estudiantiles de las Carreras de Ingeniería del Centro Universitario de Occidente (Sección 2.2), en dicha integración, se guarda estrictamente el criterio de interacción y funciones de los diversos ambientes, logrando así, una adecuada disposición de espacios y una funcional ubicación de los mismos. El objetivo principal del diseño arquitectónico es lograr integrar la funcionabilidad de los ambientes con la armonía arquitectónica, es decir, fusionar los elementos eminentemente técnicos con los elementos estéticos.

Un aspecto importante en todo diseño arquitectónico, es la correcta disposición de área para cada ambiente, por la diversidad de funciones que se realizan en los laboratorios y considerando el número de población estudiantil que hará uso de ellas, se determina proporcionar una área aproximada de 150 metros cuadrados por cada uno de los mismos, así como, 190 metros cuadrados para cada uno de los ambientes de biblioteca y salón de conferencias, con esto, se considera que el proporcionamiento del área es la adecuada para este tipo de infraestructura (Hoja 1 sección de anexo).

El tipo de estructura que se ha determinado para este proyecto, es el concreto reforzado, principalmente por la economía que esto representa; además, éste es un proyecto que está contemplado ejecutarse por administración y por los medios con que cuenta la región sur-occidental.

Los materiales de construcción que están considerados para utilizarse en la ejecución del proyecto son eminentemente locales, los cuales, reúnen los requerimientos exigidos por la Asociación Americana de Ensayos para Materiales y el Instituto Americano del Concreto para la construcción de este tipo de infraestructura.

7.1 DISEÑO DE LOS LABORATORIOS

7.1.1 Dimensiones en Vigas:

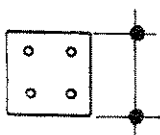


Peralte en vigas (ACI) (libremente apoyadas)

$L/16 =$ por deflexión y tensión diagonal

$8.00/16 = 0.50$ mínimo

* para mejorar comportamiento a flexión el peralte efectivo será 0.55 mt.



Según (ACI) recubrimiento mínimo 1 pulg.

$\Rightarrow 1$ pulg. = 2.5 cm $\Rightarrow 5$ cm

base = $h/2 \Rightarrow 60\text{cm}/2 = 30$ cm

1.2 Dimensiones en Columnas.

Estimación de cargas =	Losa (Concepto)	$\rightarrow 380 \text{ kg./m}^2$
	Acabados	$\rightarrow 90 \text{ kg./m}^2$
	Vigas	$\rightarrow 120 \text{ kg./m}^2$
	Total	590 kg./m

Carga viva 500 kg./m^2

(Instalaciones educativas)

Resistencia Requerida = U

$$U = 1.4 D + 1.7 L = 1.4 (590) + 1.7 (500) = 1676 \text{ kg./m}$$

- Si el área de carga por columna =

$$6 \text{ mt} \times 8 \text{ mt} \Rightarrow 48 \text{ mt}^2$$

$$= P = 1676 \text{ kg./m}^2 \times 48 \text{ m}^2 = 80448 \text{ kg.}$$

Utilizando la norma Joint Committe on Standard Specifications

$$P = 0.8 (0.225 f' c A_g + f_s A_s) \quad (\text{ Se sabe según ACI que el refuerzo} \\ 1\% \leq R \leq 8\%)$$

$$P = 0.8 \left[(0.225 (210) A_g + 0.01 A_g 1400) \right]$$

$$P/0.8 = 47.75 Ag + 14 Ag \quad fs = \text{Esfuerzo de trabajo del Acero.}$$

$$\frac{80448}{0.80 (61.75)} \quad Ag = 1628,5 \text{ cm}^2 \Rightarrow 40.35 \text{ cm} \times 40.35 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow 0.40 \text{ mt} \times 0.40 \text{ mt}$$

7.1.3. Integración de Cargas

* Espesor de Losa :

$$t = \frac{\text{perímetro}}{180} = \frac{4+6+4+6}{180} = 11 \text{ cm} - \text{mínimo}$$

por condición de deformaciones se usará 12 cm.

$$1. \text{ Carga Muerta} = (\text{losas}) (2400 \text{ kg./m} \times 0.12 \text{ mt}) = 288 \text{ kg./m}^2$$

$$(\text{Acabados} + \text{piso}) (\text{concepto}) = 100 \text{ kg./m}^2$$

$$\underline{\hspace{10em}} 388 \text{ kg./m}^2$$

$$2. \text{ Carga Viva} = (\text{Entrepisos educativos}) = 500 \text{ kg./m}^2$$

$$3. \text{ Carga Ultima} = 1.4 D + 1.7 L$$

$$\Rightarrow 1.4 (388) + 1.7 (500) = 1393.2 \text{ kg./m}$$

$$4. \text{ Peso Propio de vigas: } (\gamma' \times b \times h)$$

$$\Rightarrow (2400 \text{ kg./m} \times 0.30 \text{ mt} \times 0.60 \text{ mt}) = 432 \text{ kg./mt}$$

$$5. \text{ Peso propio de muros: } (\gamma' \times b \times h)$$

$$\Rightarrow (1200 \text{ kg./m} \times 0.15 \text{ mt} \times 3.00 \text{ mt}) = 540 \text{ kg./mt}$$

$$6. \text{ Peso propio de vigas secundarias } (\gamma' \times b \times h)$$

$$(2400 \text{ kg./m} \times 0.25 \text{ mt} \times 0.50 \text{ mt}) = 300 \text{ kg./mt}$$

7. Peso de Estructura metálica de Techo:

$$- \text{ lámina} = 3 \text{ lb./p}^2$$

$$- \text{ Cielo falso} = 1 \text{ lb./p}^2$$

$$\text{Costaneras} = 1 \text{ lb./p}^2$$

$$\text{Instalaciones} = 3 \text{ lb./p}^2$$

$$\text{Vigas} = 1 \text{ lb./p}^2$$

$$\underline{\hspace{10em}} \text{Total } 11 \text{ lb./p}^2 = 54 \text{ kg./m}^2 (\text{C.M.})$$

$$\text{Carga Viva} = 12 \text{ lb./p}^2 = 59 \text{ kg./m}^2 (\text{C.V.})$$

$$\underline{\hspace{10em}} 113 \text{ kg./m}^2$$

7.1.4 Integración de cargas por nivel:

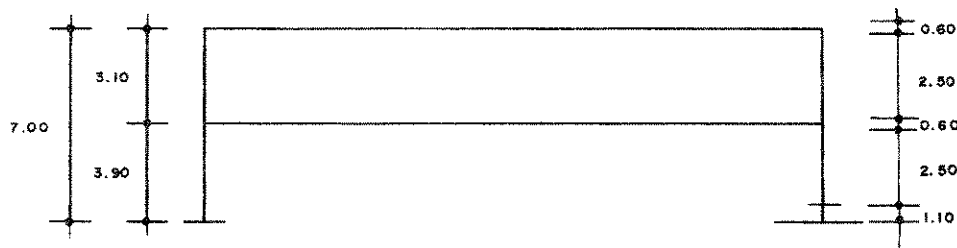
Area	=	(393 mt ²) (plano de Cotas)	
Losa: W ₁	=	394 mt ² x 388 kg./mt ²	= 152872 kg.
muros	=	121 mt x 540 kg./mt	= 65340 kg.
vigas	=	153 mt x 432 kg./mt	= 66096 kg.
vigas sec.	=	50 mt x 300 kg./mt	= 15000 kg.
Columnas	=	0.40 x 0,40 x 2400 x 25 x 2.50	<u>14400 kg.</u>
		TOTAL	313.708 Ton.
Carga Viva	=	0.25 Cv	
	=	0.25 (500 x 394)	= <u>49.25 Ton.</u>
		Total	362.958 Ton.

Techo

W ₂	=	394 mt ² x 54 kg./mt ²	= 21.276 Ton.
Viva	=	394 mt ² x 59 kg./mt ² x 0.25	= <u>5.811 Ton.</u>
		Total	26.670 Ton.

7.2 DISTRIBUCIÓN DE FUERZAS POR NIVEL:

Corte Basal: Método SEAOC.



$$V = Z I K C S W$$

$$Z = 1 \text{ (riesgo sísmico 3)}$$

$$I = 1.2 \text{ (entrepiso educacional)}$$

$$K = 0.67 \text{ (marcos ductiles)}$$

$$C = \frac{1}{\sqrt{15 P_{nv}}} \leq 0.12 \Rightarrow \frac{P_{nv}}{x-y} = \frac{0.0906}{\sqrt{30}} (7) = 0.116$$

$$\frac{P_{nv}}{y-y} = \frac{0.0906}{12} (7) = 0.18 \text{ se usará } 0.12$$

$$S = 1.5 \text{ (resonancia del suelo)}$$

$$S \times C \leq 0.14, = 0.18 \neq \text{ entonces se usará } 0.14$$

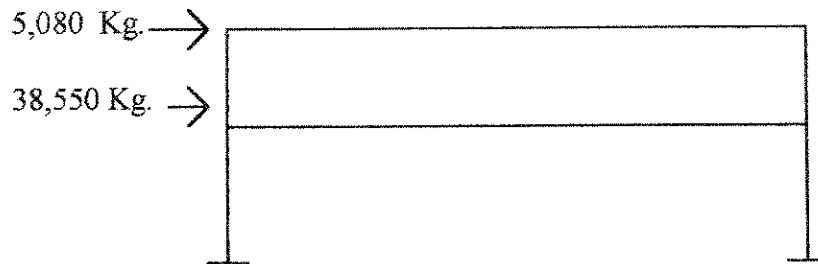
$$W \text{ viva} = 0.25 \times C \cdot \text{Total}$$

$$V = (1) (1.2) (0.67) (0.14) (0.25) \times (362.96 + 26.7 \text{ Ton.})$$

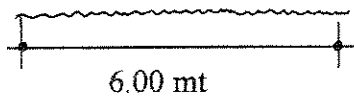
$$V = 43.64 \text{ Ton.}$$

7.2.1 Distribución Vertical del corte Basal:

nivel	W	W*h	(W*h/ W*h) * V
n + 1	362.958	1415.53	38.55 Ton
n + 2	26.67	186.69	5.08 Ton
	389.628	1602.22	43.63 Ton



7.2.2 Diseñando Viga Secundaria: 1



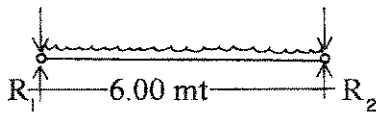
$$\text{Area Tributaria} = (2 \times 7.44 \text{ mt}^2) = 14.88 \text{ mt}^2$$

$$CM = \frac{388 \times 14.88}{6} = 962.24 \text{ Kg./mt}$$

$$\text{Propio} = \frac{300 \text{ Kg./mt}}{1262.24}$$

$$C \text{ viva} = 500 \times 14.88 = 1240 \text{ Kg./mt}$$

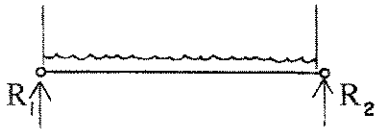
7.2.2.1 Reacciones CM =



$$R_1 = R_2 = \frac{1262.24 \times 6}{2} = 3787 \text{ Kg.}$$

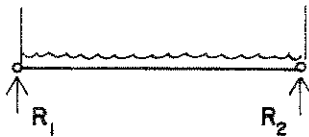
7.2.2 Reacciones CV =

$$R_1 = R_2 = \frac{1240 \times 6}{2} = 3720 \text{ Kg.}$$



7.2.3 Diseño Viga Secundaria 2 :

$$\text{Area Tributaria } (2 \times 8) = 16 \text{ mt}^2$$



$$R_1 = R_2 \quad \text{CM} = \frac{388 \times 16}{6} = 1034 \text{ Kg./mt}$$

$$\text{Propio} \quad \frac{300 \text{ Kg./mt}}{1334 \text{ Kg./mt}}$$

$$C \text{ viva} = \frac{500 \times 16}{6} = 1333 \text{ Kg./mt}$$

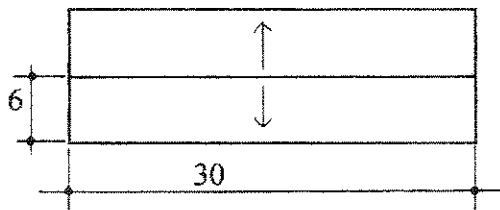
7.2.3.1 Reacciones CM

$$R_1 = R_2 = \frac{1334 \text{ Kg.} \times 6}{2} = 4002 \text{ Kg.}$$

7.2.3.2 Reacciones CV

$$R_1 = R_2 = \frac{1333 \text{ Kg.} \times 6}{2} = 4000 \text{ Kg.}$$

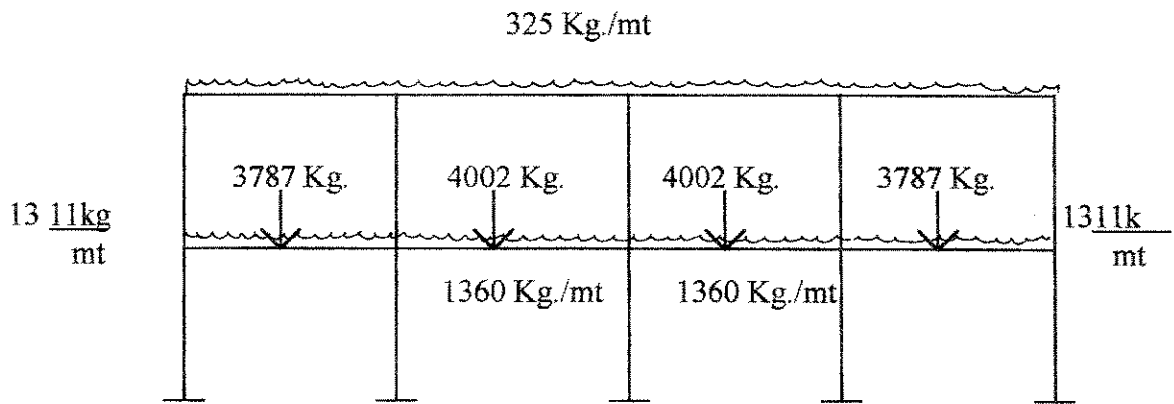
Techo (Estructura Metálica)



$$W = 113 \text{ Kg./mt}^2 \times 30 \times 6/30 = 678 \text{ Kg./mt}$$

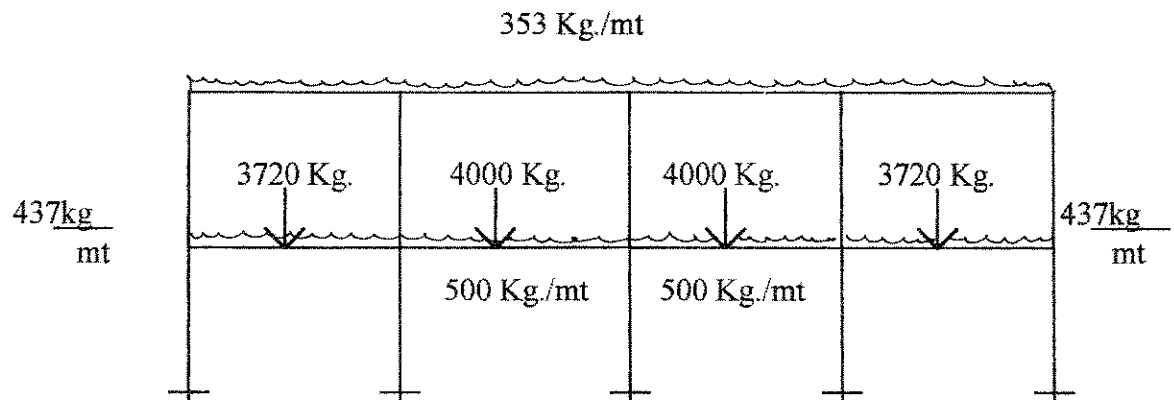
7.2.4 Cargas Muertas :

- 1.1 $388 \text{ Kg./mt}^2 \times \frac{(3.06 \text{ mt}^2 \times 2)}{7} = 339 \text{ Kg./mt}$
- 1.2 V. principal P propio = 432 Kg./mt
- 1.3 muros = $\frac{540 \text{ Kg./mt}}{1311 \text{ Kg./mt}}$
- 2.1 $388 \text{ Kg./mt} \times \frac{(4 \text{ mt}^2 \times 2)}{8} = 388 \text{ Kg./mt}$
- 2.2 P propio = 432 Kg./mt
- 2.3 Muros = $\frac{540 \text{ Kg./mt}}{1360 \text{ Kg./mt}}$



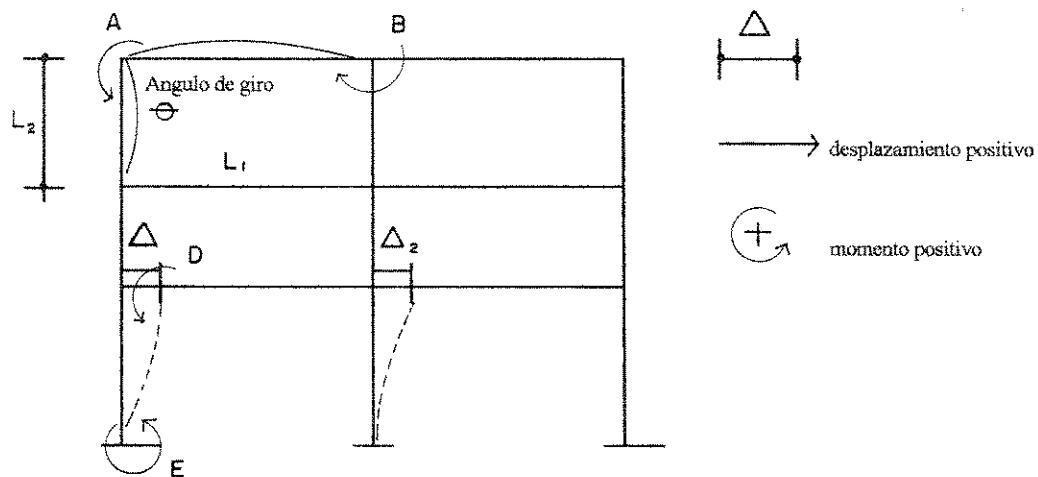
7.2.5 Cargas Vivas:

- 1.1 $\frac{500 \times (3.06 \times 2)}{7} = 437 \text{ Kg./mt}$
- 1.2 $\frac{500 \times (4 \times 2)}{8} = 500 \text{ Kg./mt}$



7.3 ANALISIS ESTRUCTURAL

En este caso, se utilizará el Método de Rigideces, cuyo contenido teórico se resume de la siguiente manera:



$$M_{AB} = \frac{4EI}{L} \theta$$

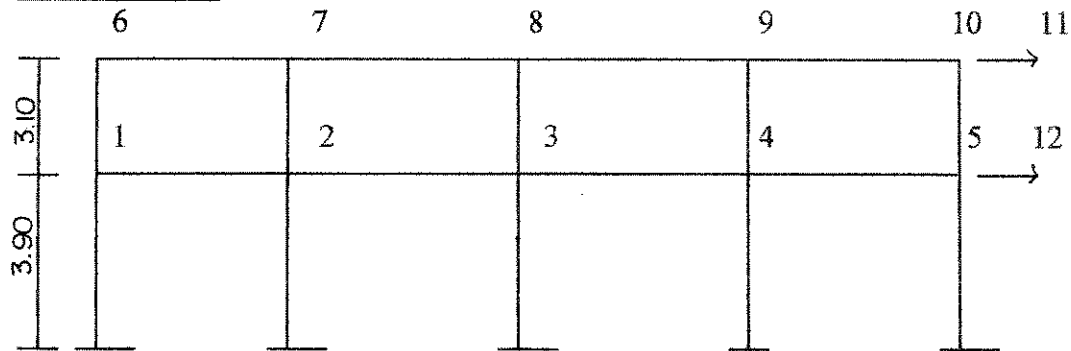
$$M_{DE} = \frac{12EI}{L^3} \Delta_1$$

$$M_{BA} = \frac{2EI}{L} \theta$$

$$M_{ED} = \frac{12EI}{L^3} \Delta_1$$

$$E = 15100 \sqrt{f'c} = \text{constante} = K$$

APLICANDO:



$$I_{COL} = 1/12 (40)^4 = 213333 \text{ CM}^4 = I$$

$$I_{VIGA} = 1/12 (30)(60)^3 = 540000 \text{ CM}^4 = 2.53 I$$

NUDO # 1 =

$$M_{1-2} = \frac{4EI}{L} \ominus = \frac{4 \times 2.53}{7} = 1.446$$

$$M_{1-6} = \frac{4EI}{L} \ominus = \frac{4}{3.9} = 1.02$$

$$M_{1-11} = \frac{4EI}{L} \ominus = \frac{4}{3.10} = 1.29$$

NUDO # 2 =

$$M_{1-11} = \frac{6EI}{L^2} = \frac{6}{(3.1)^2} = 0.6242$$

$$M_{1-12} = \frac{6EI}{L^2} = \frac{6}{(3.9)^2} = 0.3944$$

$$M_{11-12} = \frac{12EI}{L^3} \Rightarrow \frac{12}{3.1} = 0.4028$$

$$M_{12-11} = \frac{12EI}{L^3} \Rightarrow \frac{12}{(3.9)^3} = 0.2023$$

Nudos

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
3.7617	0.7229	/	/	/	0.6452	/	/	/	/	0.6243	-0.2299	1
	5.0267	0.6325	/	/	/	0.6452	/	/	/	0.6243	-0.2299	2
		4.8460	0.6325	/	/	/	0.6452	/	/	0.6243	-0.2299	3
			5.0267	0.7229	/	/	/	0.6452	/	0.6243	-0.2299	4
				3.7617	/	/	/	/	0.6452	0.6243	-0.2299	5
					2.736	0.7229	/	/	/	0.6243	-0.6243	6
						4.001	0.6325	/	/	0.6243	-0.6243	7
		IDE M					3.8203	0.6325	/	0.6243	-0.6243	8
								4.001	0.7229	0.6243	-0.6243	9
									2.736	0.6243	-0.6243	10
										2.014	-2.014	11
											3.0225	12

Luego de Sacar los datos

$$\Delta D \underset{\substack{\uparrow \\ \text{Deformaciones aplicadas}}}{=} = \Delta DL \underset{\substack{\downarrow \\ \text{Momentos fijos}}}{=} + K \underset{\substack{\rightarrow \text{Matriz de rigidez} \\ \downarrow \\ \text{Deformación}}}{\cdot} D$$

CARGA VIVA :

$$M_1 = \frac{W_1 L^2}{12} + \frac{P_1 L}{8} \Rightarrow M_1 = 437 (49) + 3720 (7) = 5039.40$$

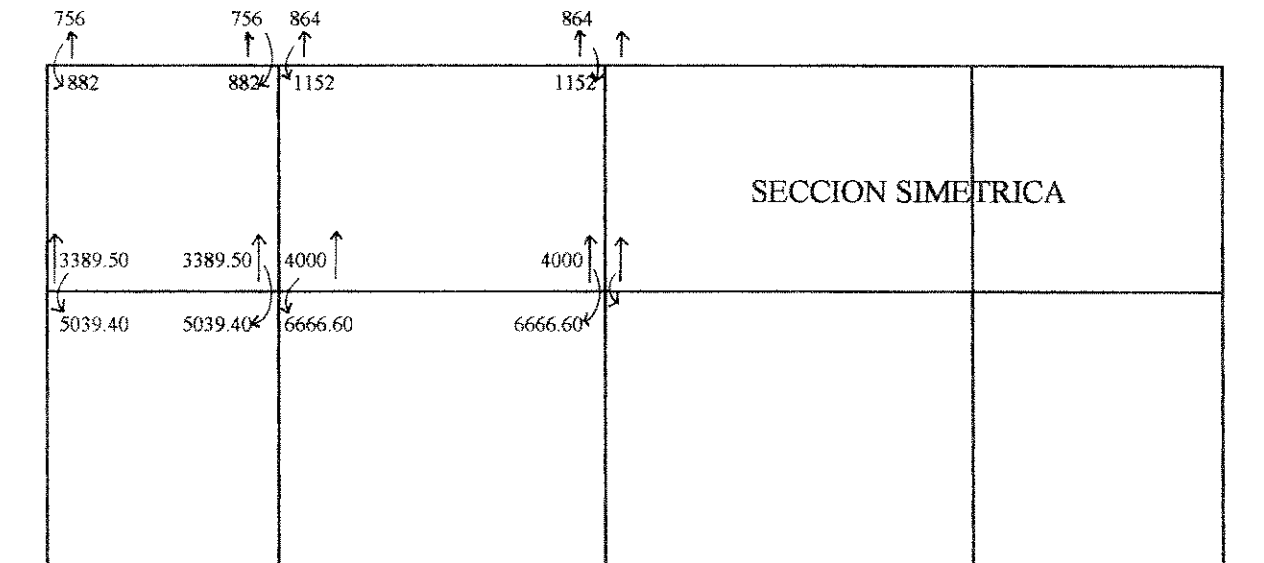
$$M_2 = \frac{W_2 L^2}{12} + \frac{P_2 L}{8} + M_1 \Rightarrow M_2 = \frac{500 (64)}{12} + \frac{4000 (8)}{8} + 5039.40 = 6666.66$$

$$M_3 = \frac{W_3 L^2}{12} + \frac{P_3 L}{8} + M_2 = 0 \quad V_1 = \frac{P + CV(L)}{2}$$

$$V_1 = \frac{3 + 20 + (437)(7)}{2}$$

$$V_1 = 3389.50$$

73.1 MOMENTOS Y CORTES FIJOS EN VIGAS



$$D = DL + KD$$

$$- DL \times K = D$$

por ser una matriz de 12 x 12 se usó computadora

7.3.2.CARGA VIVA :

$$\begin{array}{l}
 \text{M2-M1} \\
 \left[\begin{array}{c}
 5039.40 \\
 1627.26 \\
 0.00 \\
 -1627.20 \\
 -5039.40 \\
 882.00 \\
 270.00 \\
 0.00 \\
 -270.00 \\
 -882.00
 \end{array} \right] \times K \times \begin{array}{l}
 -1 \\
 \\
 \\
 \\
 \\
 \\
 \\
 \\
 \\
 \\
 \\
 \end{array}
 \end{array}
 \begin{array}{l}
 \Theta_1 = -1314.9596 \\
 \Theta_2 = -128.6026 \\
 \Theta_3 = 0 \\
 \Theta_4 = 128.6026 \\
 \Theta_5 = 1314.9596 \\
 \Theta_6 = 0.0782 \\
 \Theta_7 = -46.7588 \\
 \Theta_8 = 0 \\
 \Theta_9 = 46.7588 \\
 \Theta_{10} = -0.0782 \\
 \Theta_{11} = 0 \\
 \Theta_{12} = 0
 \end{array}$$

CONCEPTO : Se sabe que :

$$M = \frac{4EL}{L} \Theta_1 + \frac{2EL}{L} \Theta_2 - \frac{6EL}{L} \Delta_1 + M \text{ fijo}$$

$$V = \frac{6EL}{L^2} \Theta_1 + \frac{6EL}{L^2} \Theta_2 + V \text{ fijo}$$

$$\Rightarrow M = \frac{4(2.53)}{7} (-1314.9596) + \frac{2(2.53)}{7} (-128.6026) + 0 + 5039.40$$

$$M = 3045.40 \quad \text{final}$$

$$V = \frac{6(2.53)}{49} (-1314.9596) + \frac{6(2.53)}{49} (428.6026) + 3389.50$$

$$V = 2942.30 \quad \text{Kg.}$$

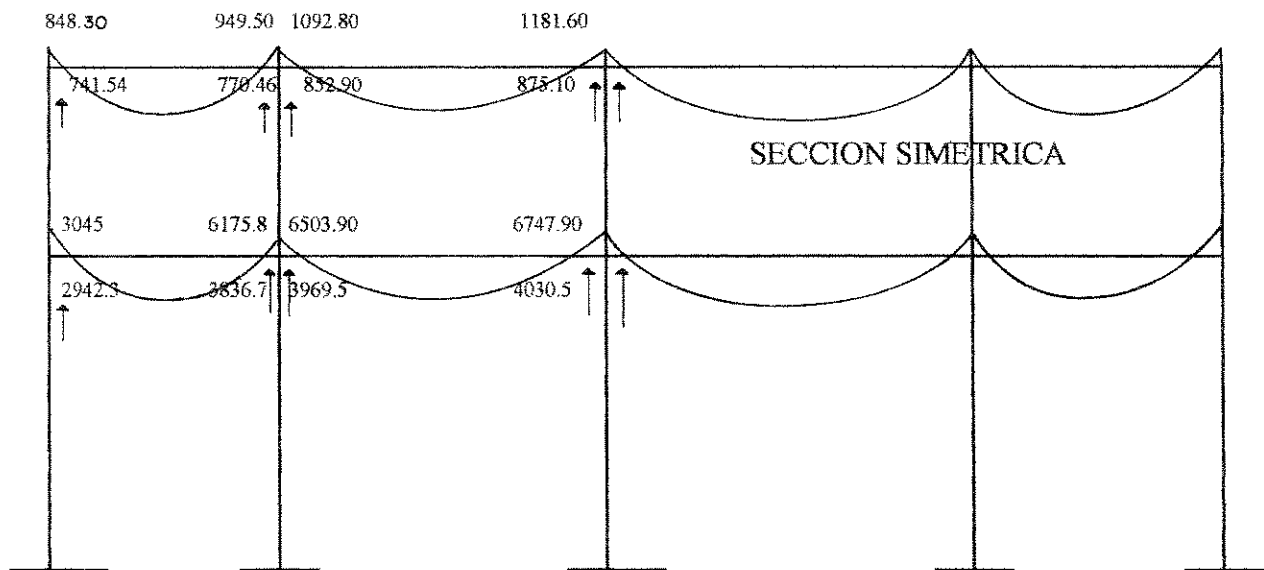
$$M_2 = -1627.26 + \frac{4(2.53)(128.6026)}{7} + \frac{2(2.53)(1314.9596)}{7} + 6666.60$$

$$M_2 = 6175.80$$

$$V_2 = -\frac{6(2.53)}{49}(128.6026) - \frac{6(2.53)}{49}(1314.9596) = 3389.50 =$$

$$V_2 = 3836.71$$

7.33 MOMENTOS Y CORTES FINALES:

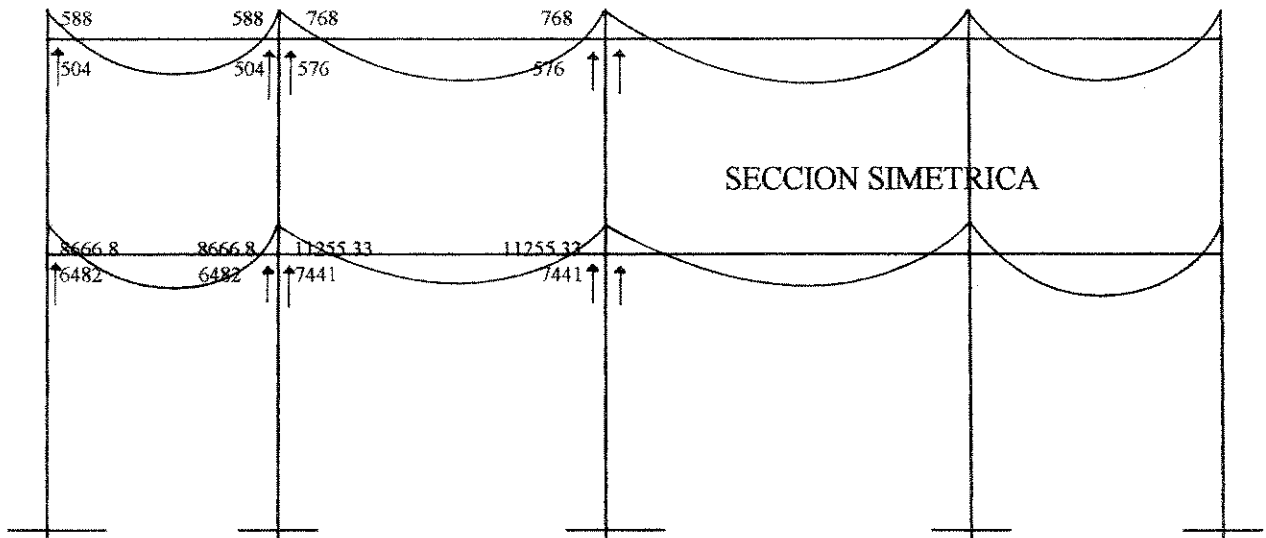


CARGA MUERTA :

$$M_1 = \frac{WL^2}{12} + \frac{PL}{8} \Rightarrow M_1 = \frac{1311(7)^2}{12} + \frac{3787(7)}{8} = 8666.875$$

$$M = \frac{WL^2}{12} + \frac{PL}{8} - M_1 \Rightarrow M_2 = \frac{1360(8)^2}{12} + \frac{4002(8)}{8} = 11,255.33$$

7.34 MOMENTOS Y CORTES FIJOS:



$$\begin{matrix}
 M_1 - M_2 \\
 \left[\begin{array}{c}
 8666.875 \\
 2588.458 \\
 0 \\
 -2588.458 \\
 -8666.875 \\
 588 \\
 768 \\
 0 \\
 -768 \\
 -588 \\
 0 \\
 0
 \end{array} \right]
 \end{matrix}
 \times K =
 \begin{matrix}
 \ominus_1 = -2344.6468 \\
 \ominus_2 = -146.8406 \\
 \ominus_3 = 0 \\
 \ominus_4 = 146.8406 \\
 \ominus_5 = 2344.6468 \\
 \ominus_6 = 401.6334 \\
 \ominus_7 = -240.8396 \\
 \ominus_8 = 0 \\
 \ominus_9 = 240.8396 \\
 \ominus_{10} = -401.6334 \\
 \triangle_{11} = 0 \\
 \triangle_{12} = 0
 \end{matrix}$$

$$M_1 = \frac{4(2.53)}{7}(-2344.6768) + \frac{2(2.53)}{7}(-146.8406) + 8666.875$$

$$M_1 = 517$$

$$M_2 = -2588.45 + \frac{4(2.53)(146.8406)}{7} + \frac{2(2.53)(2344.6468)}{7} + 11255.33$$

$$M_2 = 10574.01$$

$$V_1 = \frac{6EI}{L^2} \Theta_1 + \frac{6EI}{L^2} \Theta_2 + V_{\text{fijo}}$$

$$V_1 = \frac{6(2.53)(-2344.6468)}{49} + \frac{6(2.53)(-146.8406)}{49} + 6482$$

$$V_1 = 5,710.10$$

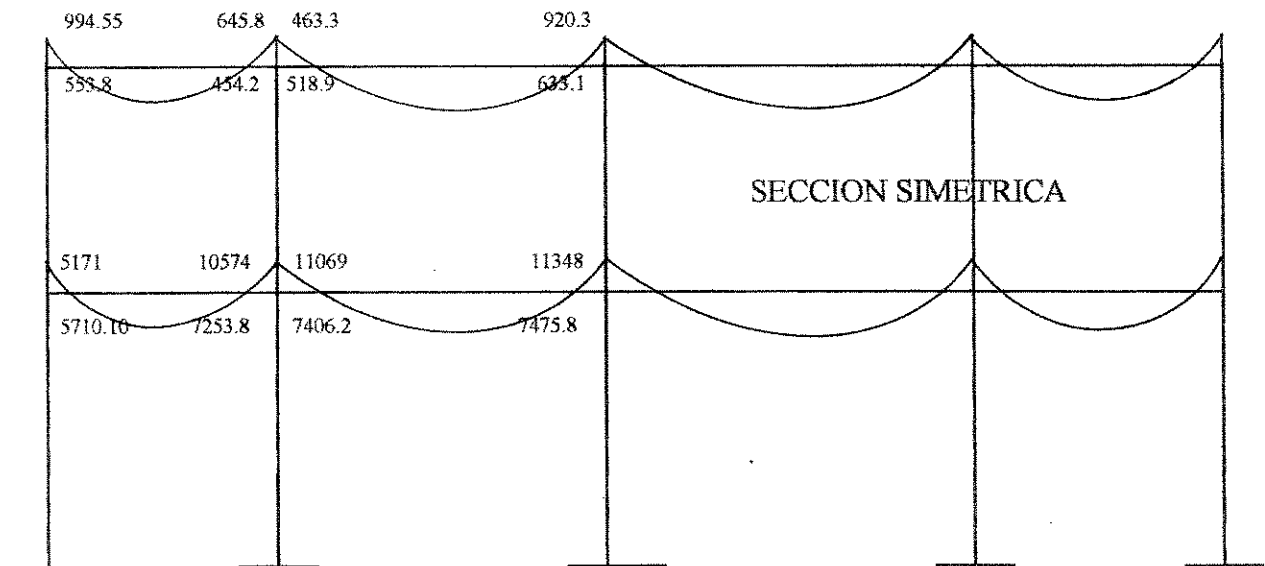
$$V_2 = -\frac{6(2.53)(-146.8406)}{49} + \frac{6(2.53)(-2344.6468)}{49} + 6482 + 6482$$

$$V_2 = 7253.80$$

$$V_3 = \frac{6(2.53)(146.8406)}{64} + 7406.20$$

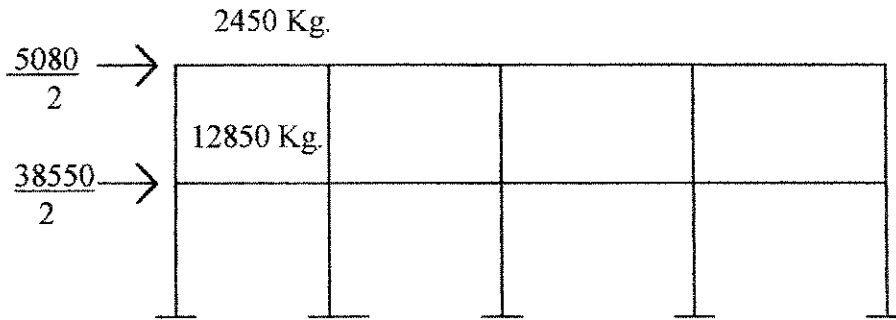
$$V_3 = 7406.20$$

7.3.4 MOMENTOS Y CORTES FINALES



7.3.5 SISMO

POR SIMETRIA DE MARCOS :



$$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 2450 \\ 12850 \end{bmatrix} \times K = \begin{matrix} \ominus_1 = -2345.2577 \\ \ominus_2 = -1414.1542 \\ \ominus_3 = -1667.4796 \\ \ominus_4 = -1414.1542 \\ -1\ominus_5 = -2345.2577 \\ \ominus_6 = -367.4330 \\ \ominus_7 = -345.5038 \\ \ominus_8 = -328.5871 \\ \ominus_9 = -345.5038 \\ \ominus_{10} = -367.4330 \\ \Delta_{11} = 22976.9596 \\ \Delta_{12} = 18542.8355 \end{matrix}$$

$$M_1 = \frac{4(2.53)(2345.2577) + 2(2.53)(1414.1542)}{7}$$

$$M_1 = 4412.80$$

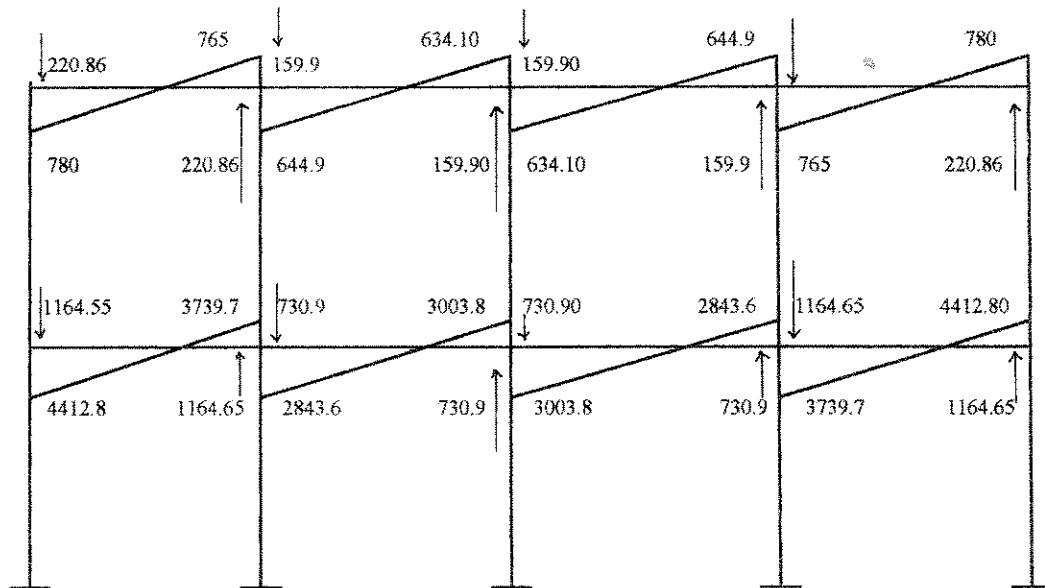
$$V_1 = \frac{6(2.53)(2345.2577) + (6)(2.53)(1414.1542)}{49}$$

$$V_1 = 1164.65$$

$$M_2 = 3739.75$$

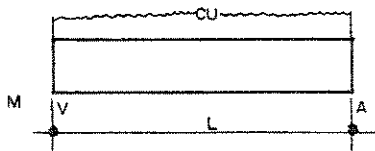
$$V_2 = 1164.55$$

7.3.5.1. CORTES Y MOMENTOS FINALES (SISMO)



ENVOLVENTE DE MOMENTOS:

Se sabe que :



$$M_A = M + WL - VL^2$$

$\begin{matrix} \nearrow 1.4 MCM + 1.7 MCV & \nearrow 1.4 WCM + 1.7 WCV \\ \searrow 1.4 Vcm + 1.7 Vcv. \end{matrix}$

Combinación 1 = $1.4 M_{cm} + 1.7 M_{cv}$.

Combinación 2 = $(1.4 M_{cm} + 1.7 M_{cv} + 1.87 M_s) (0.75)$

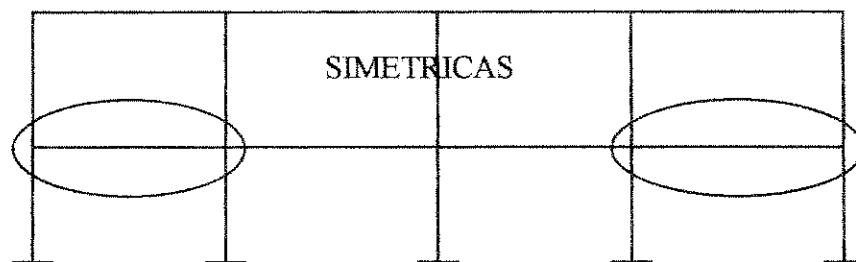
Combinación 3 = $(1.4 M_{cm} + 1.7 M_{cv} - 1.87 M_s) (0.75)$

Combinación 4 = $0.9 M_{cm} + 1.43 M_s$.

Combinación 5 = $0.9 M_{cm} - 1.43 M_s$.

X	Comb 1	Comb 2	Comb 3	Comb 4	Comb 5
0.	12416	3123	15501	- 1686	10964
0.2	9868	1539	13263	- 2328	9627
1	709	- 4024	- 5087	- 4540	4750
2	- 8420	- 9237	- 3393	- 6244	- 285
3	- 14970	- 12516	- 9939	- 6768	- 4140
3.5	- 17278	- 13431	- 12487	- 6587	- 5625
4	- 13129	- 9502	- 10191	- 4408	- 5111
5	- 2897	- 195	- 4151	837	- 3197
6	1913	11047	3824	7261	- 104
6.8	22018	21432	11595	13250	3220
7	25302	24222	13732	14865	4169

7.4.1 PRIMERA PARTE



$$X = 0 \Rightarrow \text{Comb 1} = 1.4 (5171) + 1.7 (3045) = 12455 \text{ Kg./mt}$$

$$\text{Comb 2} = 1.4 (5171) + 1.7 (3045) - 1.87 (4412.8) = 3123$$

$$X = 0.20 \Rightarrow$$

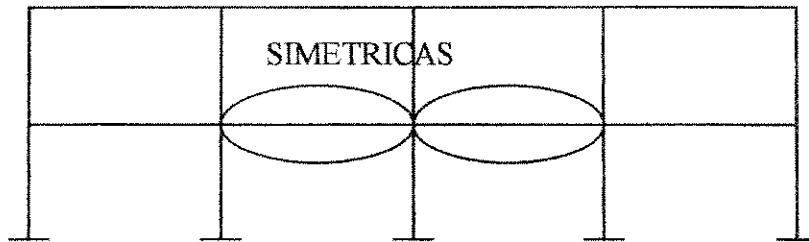
$$\text{Comb 1} =$$

$$M_{cm} = 5171 + \frac{(1311 \times 0.20^2)}{2} - 5710.10 (0.20) = 4055.20$$

$$M_{cv} = 3045 + \frac{(437 (0.20^2))}{2} - 2942.30 (0.20) = 2465.28$$

$$\Rightarrow \text{Comb 1} = 1.4 (4055.20) + 1.7 (2465.28) = 9868$$

74.2 SEGUNDA PARTE:



M_{cm} = 11069
M_{cv} = 6503.90

V_{cm} = 7406.20
V_{cv} = 3969.50

CM = 1360
CV = 500

PM = 4002
PV = 4000

M_{sis} = -28243.60
M_{sis} = -730.90

X = 0 Comb 1 = 1.4 (11069) + 1.7 (6503.90) = 26.553

Comb 2 =

X = 0

(1.4 (11069) + 1.7 (1503.9) + 1.87 (2843.6)) X 0.75
= 15927.00

X = 0.2

Comb 1 = $11069 \frac{(1360 \times 0.20^2)}{2} - (7106.20)(0.20) = 9615$

= $6503.9 \frac{(500 \times 0.20^2)}{2} - (3969.5)(0.20) = 5720$

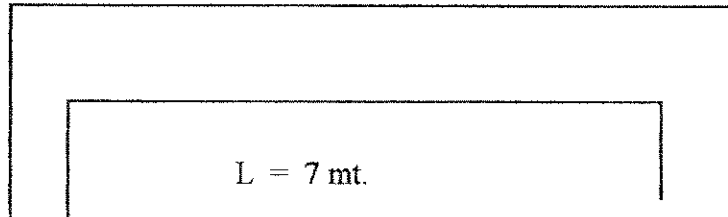
= -2843.60 + 730.90 (0.20) = -2697.42

Comb 1 = 1.4 (9615) + 1.7 (5720) = 23185

Comb 2 = 23185 - 1.87 (2697.42) = 13605

X	Comb 1	Comb 2	Comb 3	Comb 4	Comb 5
0	26553	15927	23903	5896	14028
0.2	23185	13606	21172	4796	12511
1	10813	5147	11073	887	6930
2	- 2172	- 3567	309	- 2897	1055
3	-12404	-10216	- 8390	- 5457	- 3596
4	-19882	-14799	-15024	- 6794	- 7023
5	-12203	- 8015	-10290	- 3304	- 5624
6	- 1770	835	- 3494	1409	- 3001
7	11417	11750	5375	7346	846
7.8	23949	21969	13954	12978	4805
8	27358	24731	16306	14508	5918

7.5 DISEÑO DE VIGAS



$$\begin{aligned} M + &= 17278 \text{ Kg./mt.} \\ M - &= 13263 \text{ Kg./mt.} \\ M - &= 22018 \end{aligned} \quad \Rightarrow \quad A_s = \frac{0.85 f'c}{2810} \left[b d - \sqrt{(b d)^2 - \frac{M b}{0.003825 f'c}} \right]$$

$$\begin{aligned} A_{s+} &= 8.3 \text{ cm}^2 \\ A_{s-} &= 10.01 \text{ cm}^2 \\ A_{s-} &= 17.30 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Se sabe que :

$$\rho_{\text{balanceado}} = 0.85 b \frac{f'c}{f_y} \frac{6000}{f_y + 6000}$$

$$\rho_{\text{balanceado}} = 0.85 (0.85) \frac{280}{2810} \frac{6000}{2810 + 6000} = 0.03677$$

$$\beta = 0.85 \text{ para } f'c \leq 280 \text{ Kg./cm}^2$$

Se reduce 0.05 por cada 70 Kg./cm² por encima de 280 Kg./cm²

$$\begin{array}{ll} \text{según ACI} = 0.90 & \longrightarrow \text{flexión} \\ 0.85 & \longrightarrow \text{corte} \\ 0.70 & \left. \vphantom{\begin{array}{l} 0.70 \\ 0.75 \end{array}} \right\} \text{compresión} \\ 0.75 & \end{array}$$

(zona sísmica)

$$\rho_{\text{max.}} = 0.50 \text{ balanceado} = 0.50 \times 0.03677 = 0.018386$$

0.75 (no sísmica)

$$\rho_{\text{mim}} = \frac{141}{f_y} \Rightarrow \text{min. } \frac{14.1}{2810} = 5 E^{-3}$$

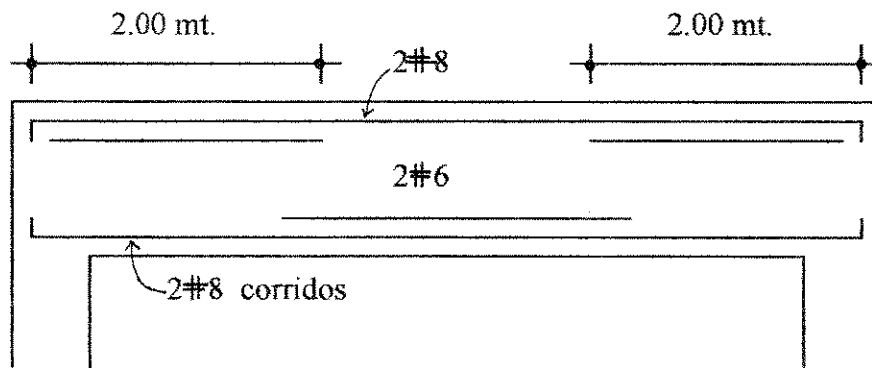
Se sabe que : 1) $As_{max.} = P_{max.} \times b \times d$
 $= 0.018386 \times 30 \times 55$
 $= 30.34 \text{ m}$

2) $As_{min.} = P_{min.} \times b \times d = 8.25 \text{ cm}$

Requerimientos Sísmicos :

As C Superior = 12 varillas
 $0.33 As - max. (0.33 \times 17.3) = 5.71$
 $As_{min.} = 8.25$

As C Superior = 2 varillas
 $0.50 As - = 6.65 \text{ cm}$
 $0.50 As + = 8.65 \text{ cm}$
 $As_{min.} = 8.25 \text{ cm}$



Según cálculo envolvente :

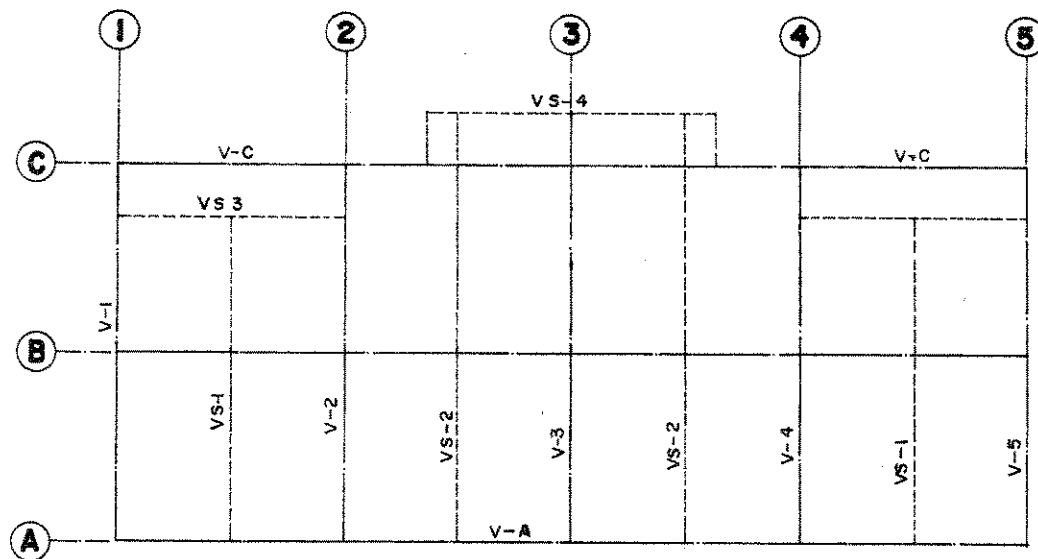
$M + = 19882 \text{ Kg./mt}$	$As = 15.43 \text{ cm}^2$
$M \text{ izq.} = 23949 \text{ Kg./mt}$	$As = 18.93 \text{ cm}^2$
$M \text{ der.} = 23185 \text{ Kg./mt}$	$As = 18.26 \text{ cm}^2$

$$As \text{ min.} = 8.28 \text{ cm}^2$$

$$As \text{ max.} = 30.335 \text{ cm}^2$$

$$As \text{ C S} = 8.28 \text{ cm}^2$$

$$As \text{ C I} = 9.46 \text{ cm}^2$$



Sistema de Vigas de Entrepiso

7.6 DISEÑO POR CORTE

Por diagrama final de cortes y momentos :

$$V = \left[1.4 (V_{CM}) + 1.7 (V_{cv}) + 18.7 (V_{sismo}) \right] \times 0.75$$

$$V = \left[1.4 (7475.8) + 1.7 (4030.50) + 1.87 (30080) \right] \times 0.75$$

$$V = 17201.31 \text{ Kg.}$$

Según ACI : Confinamiento en Zonas Sísmicas :

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

$$S \text{ max.} = \frac{d}{4} = \frac{55}{13 \text{ cm}} = 13 \text{ cm por construcción y facilidad}$$

$$V_R = \phi 0.53 \sqrt{f'c} b x d$$

$$V_R = 0.85 x 0.53 \sqrt{210} x 30 x 55$$

$$V_R = 10771 \text{ Kg.}$$

$$S = \frac{\phi A_v f_y d}{V_a - V_R} \quad (\text{usamos } \# 3 @ 0.10)$$

$$V = A_v f_y + V_R$$

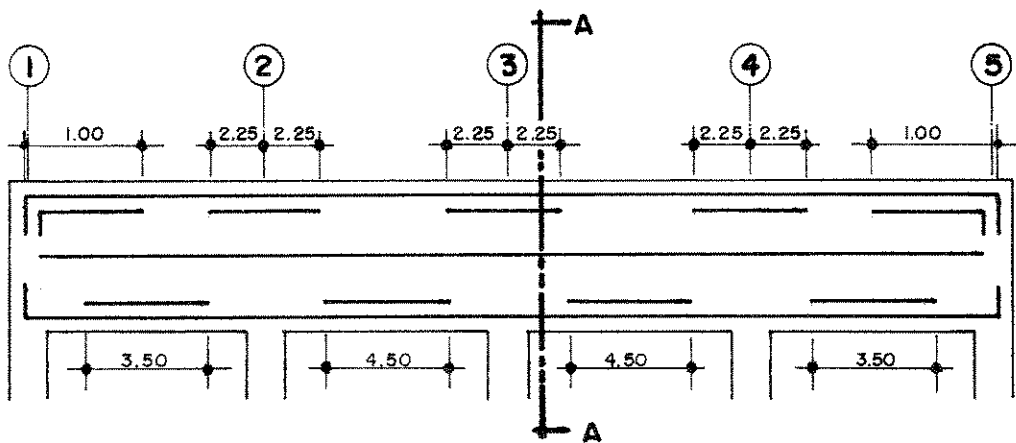
$$V = \frac{0.85 (2 x 0.75) (2810) (55)}{10} + 10771 = 29425 \text{ Kg.}$$

Zonas de NO CONFINAMIENTO :

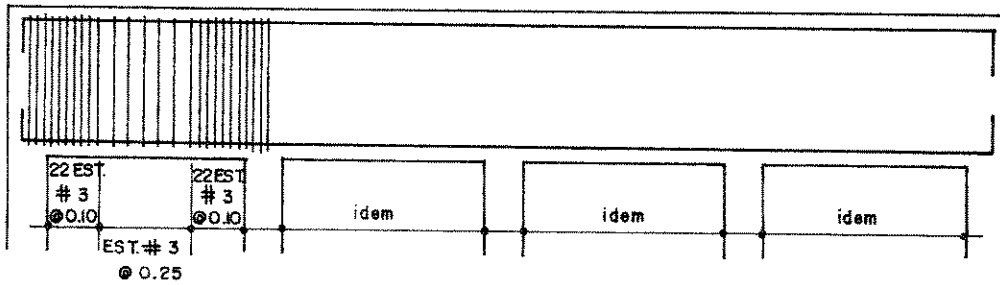
$$S \text{ max. } \frac{d}{2} = \frac{55}{2} = 27.5 \rightarrow \text{por facilidad } 25 \text{ cm}$$

$$V_a = \frac{\phi A_v f_y d}{S} + V_R = \frac{0.85 (2 x 0.71) (2810) (55)}{25} + 10771 = 18232 \text{ Kg.}$$

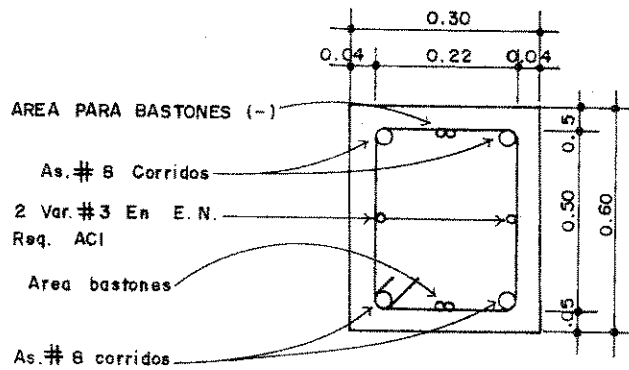
La Distribución de estribos y áreas de confinamiento lo determina el **envolvente** de momentos y sus datos positivos.



Viga V-C V-B - V-A



Distribucion de Refuerzo por Corte



Seccion A-A

(VER ANEXO HOJA # 8)

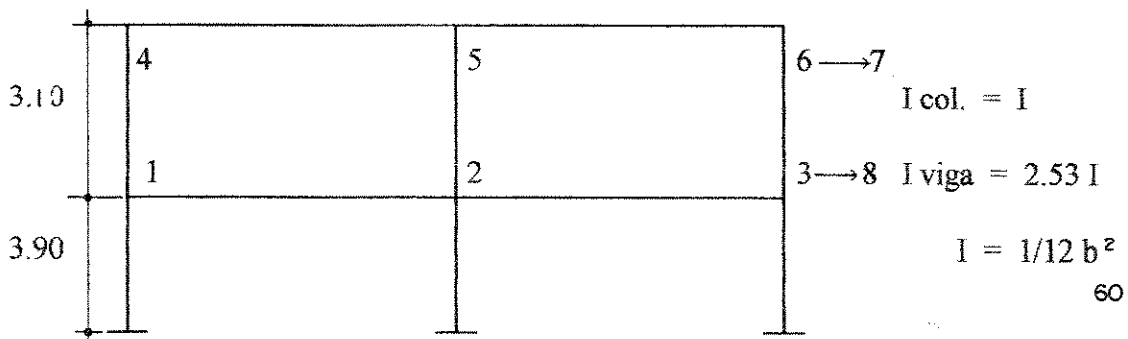
7.7 INTEGRACION EN EL EJE Y - Y

$$2 \text{ do. Nivel: } CV = \frac{(16 \text{ mt}^2) (59 \text{ Kg./mt}^3)}{6} = 160 \text{ Kg./mt}$$

$$CM = \frac{(16 \text{ mt}^2) (54)}{6} + P \text{ propio} = 576 \text{ Kg./mt}$$

$$1 \text{ er. Nivel: } CV = \frac{(16 \text{ mt}^2) (500 \text{ Kg./mt}^3)}{6} = 1334 \text{ Kg./mt}$$

$$CM = \frac{(16 \text{ mt}^2) (388 \text{ Kg./mt}^3)}{6} + P_p + P \text{ nuevo} = 2006 \text{ Kg./mt}$$



$$M_{1-2} = \frac{4EI}{L}$$

$$M_{2-1} = \frac{2EI}{L}$$

$$M_{1-7} = \frac{6EI}{L^2}$$

$$M_{7-8} = \frac{16EI}{L^2}$$

$$M_{7-8} = \frac{12EI}{L^3}$$

$$M_{8-7} = -\frac{12EI}{L^3}$$

$$M_{1-2} = \frac{4(2.53)}{6} = 1.6867$$

$$M_{2-1} = \frac{2(2.53)}{6} = 0.8433$$

$$M_{1-7} = \frac{6}{(3.1)^2} = 0.6243$$

$$M_{7-1} = -\frac{6}{(3.1)^2} = -0.6243$$

$$M_{1-8} = \frac{6}{(3.9)^2} = 0.3945$$

$$M_{8-1} = -\frac{6}{(3.9)^2} = -0.3945$$

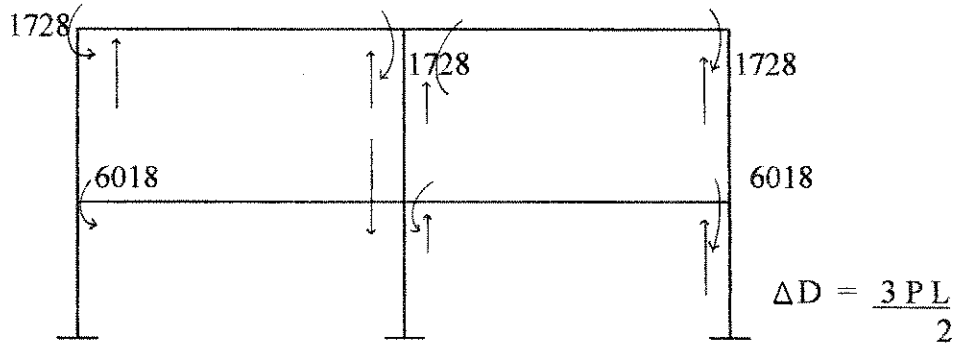
$$M_{8-7} = \frac{12}{(3.1)^3} = 0.4028$$

$$M_{7-8} = -\frac{12}{(3.9)^3} = -0.2023$$

Matriz de Rigidez

	1	2	3	4	5	6	7	8	
	4.0026	0.8433		0.6452			0.6243	-0.2299	1
		5.6893	0.8433		0.6452		0.6243	-0.2299	2
			4.0026			0.6452	0.6243	-0.2299	3
				2.977	0.8433		0.6243	-0.6243	4
			Idem		4.6637	0.8433	0.6243	-0.6243	5
						2.977	0.6243	-0.6243	6
							1.2084	-1.2084	7
								1.8153	8

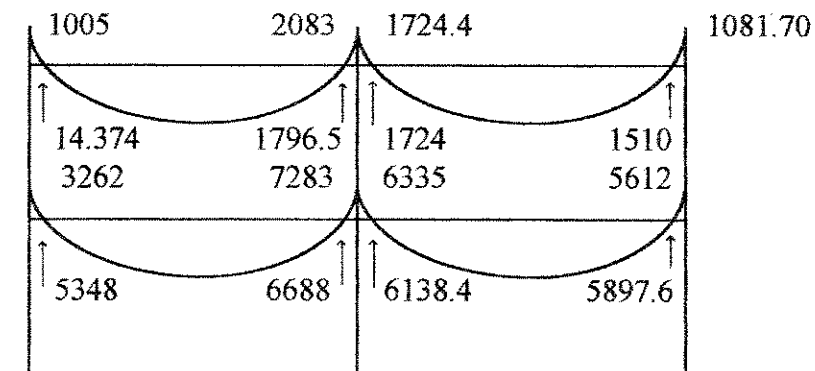
7.7.1 Momentos y Cortes fijos para Cargas Muertas



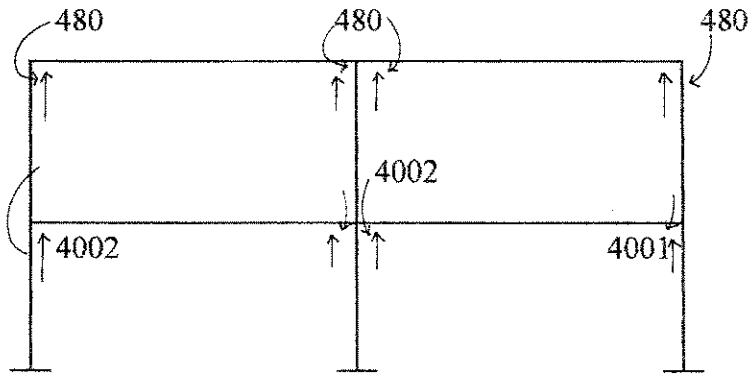
$\Delta D = \text{Deformación en el voladizo}$

$AD = \frac{3PL}{2}$	$\theta_1 = -1679.4569$
	$\theta_2 = 89.9328$
	$\theta_3 = 195.65$
	$\theta_4 = -299.1926$
	$\theta_5 = -126.7097$
	$\theta_6 = 380.7473$
	$\Delta_7 = 1649.2737$
	$\Delta_8 = 905.8229$

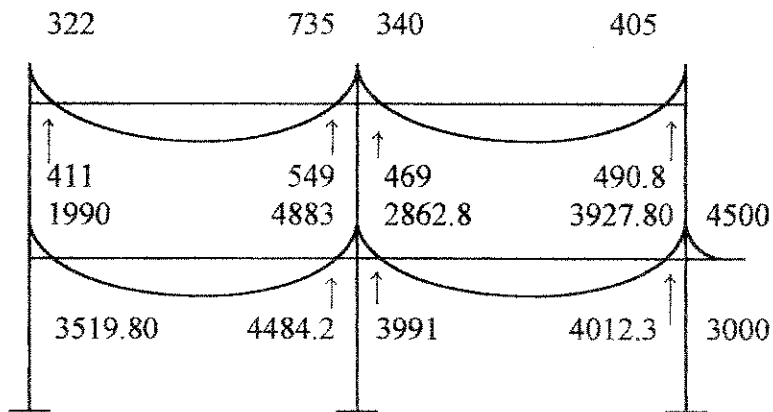
7.7.2 Momentos Finales C. M.



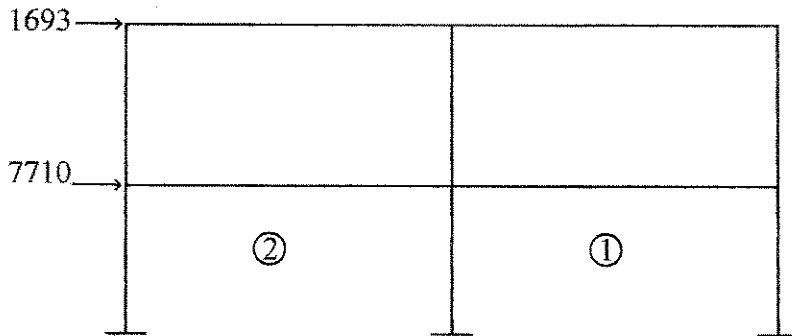
7.7.3 CARGAS VIVAS :



$$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -4500 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4002 \\ 0 \\ -4002 \\ 480 \\ 0 \\ -480 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} + k \begin{bmatrix} \theta_1 \\ \theta_2 \\ \theta_3 \\ \theta_4 \\ \theta_5 \\ \theta_6 \\ \Delta_7 \\ \Delta_8 \end{bmatrix} \quad \begin{array}{l} \theta_1 = -1242.5057 \\ \theta_2 = 98.8997 \\ \theta_3 = -389 \\ \theta_4 = -23.9304 \\ \theta_5 = -139.3435 \\ \theta_6 = 113.6162 \\ \Delta_7 = 1823.7174 \\ \Delta_8 = 999.1396 \end{array}$$

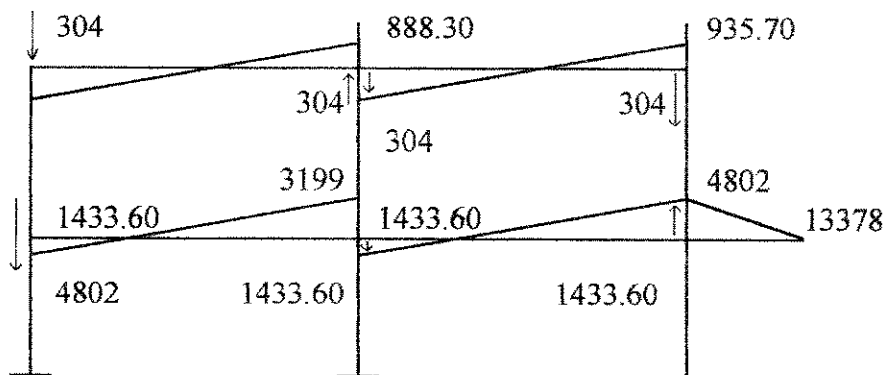


7.7.4 CARGAS SISMO



$$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1693 \\ 7710 \end{bmatrix} \quad -1 \quad K \quad \begin{array}{l} \theta_1 = -2295.3369 \\ \theta_2 = -1104.4713 \\ \theta_3 = -2295.3369 \\ \theta_4 = -388.5756 \\ \theta_5 = -332.3643 \\ \theta_6 = -388.5786 \\ \Delta_7 = 23567.0786 \\ \Delta_8 = 18893.0058 \end{array}$$

7.7.5 MOMENTOS FINALES SISMO



7.7.6 Envolvente de Momentos

C. MUERTA

1 M C M = 6335
 M C V = 3862.80
 V C M = 6138.40
 V C V = 3991
 C M = 2006
 C V = 1334
 P M = 0
 P V = 0

Se usan las combinaciones

ya conocidas

M sismo = - 3261
 V sismo = - 1433.60

2 M C M = 3261
 M C V = 1990
 V C M = 5348
 V C V = 3519.80
 C M = 2006
 C V = 1334
 P M = 0
 P V = 0
 M sismo = - 4802
 V sismo = - 1433.20

X	Comb 1	Comb 2	Comb 3	Comb 4	Comb 5
0	15436	6249	16905	269	11134
0.2	12462	4420	14272	- 390	9655
1	2595	- 1371	5264	5264	4462
1.5	- 1921	- 3753	871	- 2912	1802
2	- 5169	- 5183	- 2570	- 3069	- 404
3	- 7857	- 5189	- 6596	- 2030	- 3465
4	- 5468	- 1387	- 6816	814	- 4721
4.5	- 2361	1942	- 5498	2913	- 4672
5	1996	6222	- 3228	5464	- 4171
5.8	11622	15050	2383	10484	- 2432
6	14537	17638	4167	11919	- 1816

X	Comb 1	Comb 2	Comb 3	Comb 4	Comb 5
0	7948	- 774	12696	- 3932	9802
0.2	5356	- 2316	10349	- 4448	8465
1	- 2984	- 6962	2486	- 5792	3841
1.5	- 6547	- 8629	- 1192	- 6046	1538
2	- 8841	- 9344	- 3917	- 5847	- 314
3	- 9621	- 7919	- 6513	- 4097	- 2664
4	- 5325	- 2686	- 5302	- 541	- 3208
4.5	- 1274	1358	- 3268	1914	- 2803
5	4047	6353	- 283	4820	- 1947
5.8	15199	16326	6473	10409	362
6	18495	19200	8542	11986	1119

7.8 DISEÑO DE VIGAS

Se sabe que $A1 = \frac{1}{4} b^2 = 1 \text{ mt}^2$

$$A2 = \frac{1}{2} h (B + b) = \frac{1}{2} (1) (4 + 2) = 3 \text{ mt}^2$$

Principales primer nivel :

Según envolvente de momentos :

$$M- = 15050 \text{ Kg./mt} \quad a = 11.45 \text{ cm}^2$$

$$M+ = 7857 \text{ Kg./mt} \quad = 5.81 \text{ cm}^2$$

$$\text{Voladizo} = 13378 \text{ Kg./mt} \quad = 10.10 \text{ cm}^2$$

$$\rho_{\text{bal}} = 0.85 \frac{f'c}{f_y} \frac{6000}{f_y + 6000}$$

$$\rho_{\text{bal}} = 0.03677$$

$$\rho_{\max} = 0.5 \rho_{\text{bal}} = 0.018386$$

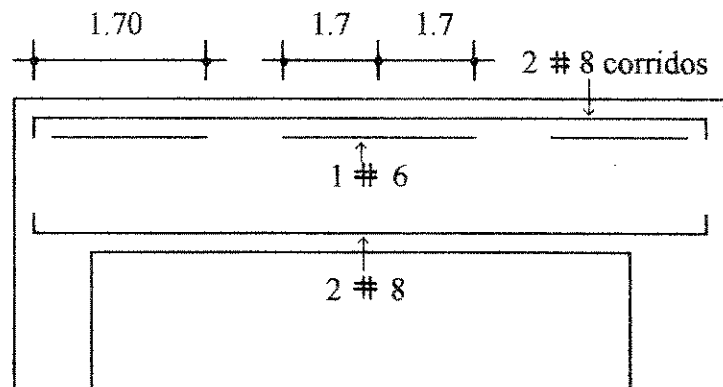
$$A_{s \max} = \rho_{\max} \times b \times d = 30.34 \text{ cm}^2$$

$$\rho_{\max} \times 30 \times 55$$

$$A_{s \min} = \frac{14.1}{f_y} \times b \times d = 8.25 \text{ cm}^2$$

$$A_{C I} = 8.28 \text{ cm}^2$$

$$A_S = 8.28 \text{ cm}^2$$

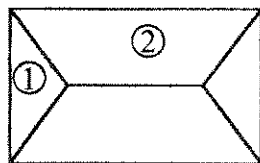


(VER ANEXO HOJA # 8)

DISEÑO POR CORTE : (idem anteriores)

7.82 (Diseño V - S 2)

A =



$$A_1 \frac{1}{4} b^2$$

$$A_2 \frac{1}{2} h (B + b) = \frac{1}{2} 2 (6 + 2) = 8 \text{ mt.}^2$$

Tramo A - B y B - C

$$W_{cv} = \frac{(8 + 8) (500)}{6} = 1333 \text{ Kg./mt} \quad \text{C. viva}$$

$$W_{cm} = \frac{(8 + 8) (388)}{6} + 300 \text{ Kg./mt} = 1334 \text{ Kg./mt CM}$$

Tramo C - D

$$W_{cv} = \frac{(2 + 1) (500)}{6} = 750 \text{ Kg./mt C. viva}$$

$$W_{cm} = \frac{(2 + 1) (388)}{6} + 300 \text{ Kg./mt} = 882 \text{ C. muerta}$$

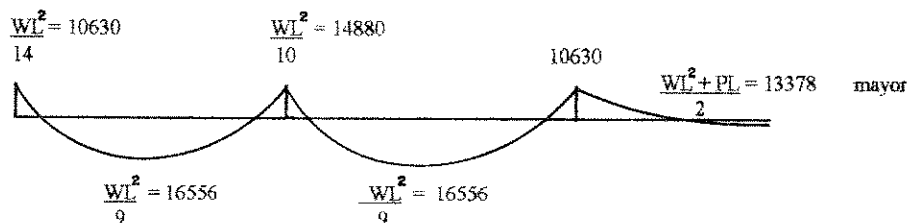
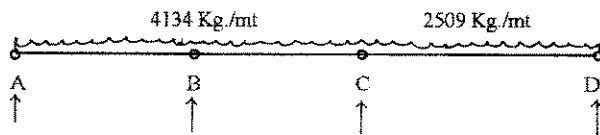
Carga Puntual :

$$P_{cv} = (3 \text{ mt.}^2) (500) = 1500 \text{ Kg.}$$

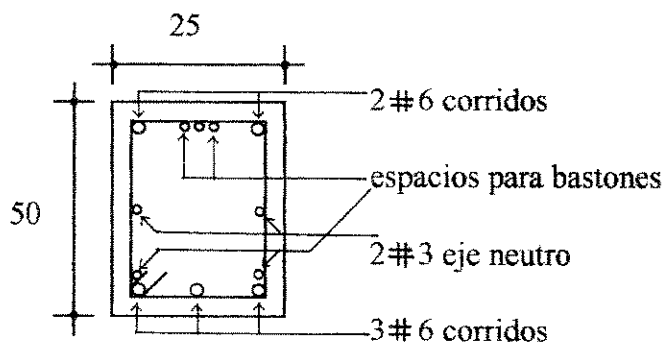
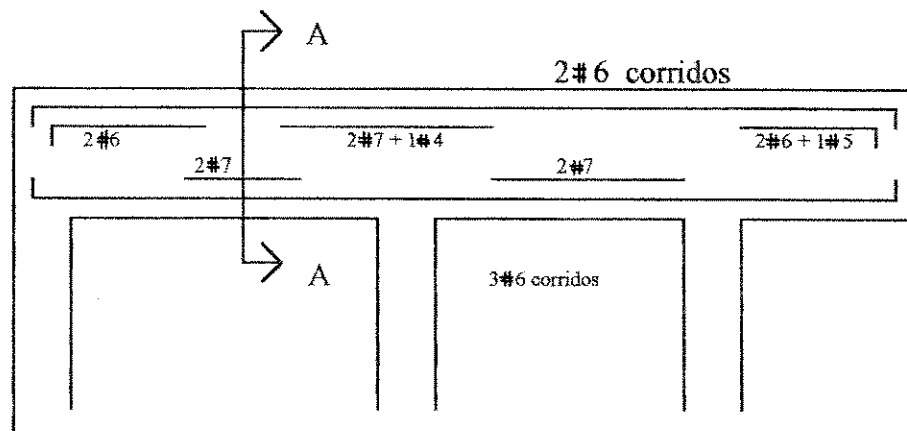
$$P_{cm} = (3 \text{ mt.}^2) (388) = 1164 \text{ Kg.}$$

$$CU = 1.4 \text{ CM} + 1.7 \text{ CV} \quad \text{Pu. 4180 Kg.}$$

$$(1.4 \times 882) + (1.7 \times 750)$$



$\Rightarrow M$ (Kg.mt)	As (cm ²)	$\Rightarrow As$ min. = 5.63
- 10.630	10.05	
+ 16556	16.44	As max. = 20.68
- 14880	14.56	ACS = 5.63
- 13378	12.92	ACI = 8.22



Sección A - A

(VER ANEXO HOJA # 8)

V Secundaria 1

$$W_{CV} = \frac{(7.44 + 7.44)(500)}{6} = 1240 \text{ Kg./mt}$$

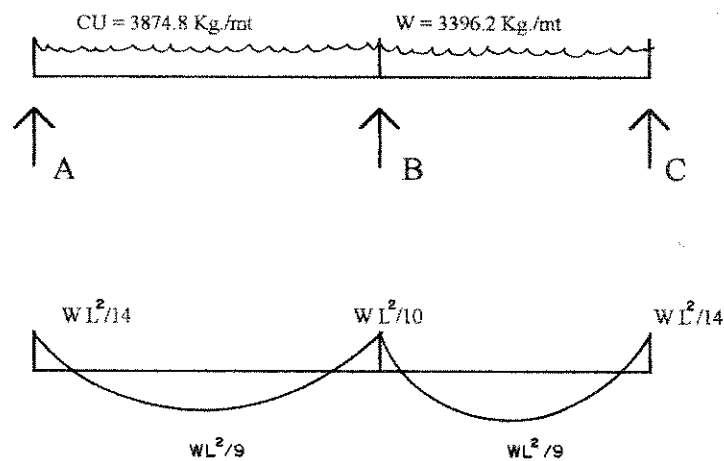
$$W_{CM} = \frac{(7.44 + 7.44)(388)}{6} + 300 = 1262 \text{ Kg./mt}$$

Tramo B y C

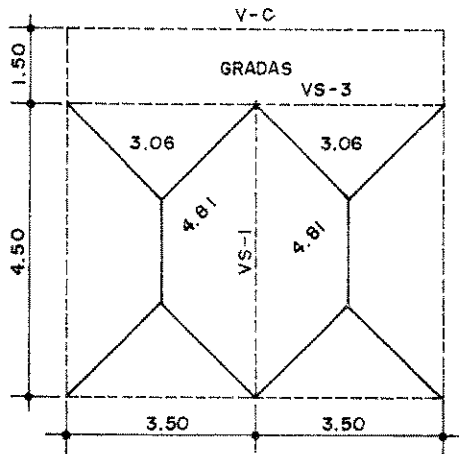
$$W_{CV} = \frac{(4.81 + 4.81)(500)}{4.50} = 1068 \text{ Kg./mt}$$

$$W_{CM} = \frac{(4.81 + 4.81)(388)}{4.50} + 300 = 1129 \text{ Kg./mt}$$

$$CU = 1.4 CM + 1.7 CV$$



7.83 DISEÑO VIGA VS 3



$$W_{cm} = \frac{(3.06)(388)}{3.50} + 300 = 639.23 \text{ Kg./mt.}$$

$$W_{cv} = \frac{(3.06)(500)}{3.50} = 437.14 \text{ Kg./mt.}$$

$$C_U = 1.4(639.23) + 1.7(937.14) = 1638 \text{ Kg./mt}$$

$$P_{cm} = \frac{WL}{2} = \frac{1129 \times 4.50}{2} = 2540 \text{ Kg.}$$

$$P_{cv} = \frac{WL}{2} = \frac{1068 \times 4.50}{2} = 2403 \text{ Kg.}$$

$$C_U = 1.4(2540) + 1.7(2403) = 7,641.10 \text{ Kg.}$$

$$M_{\text{max. +}} = \text{Momento Estático} \times 0.90$$

$$M_{\text{max. -}} = \text{Momento estático} \times 0.60$$

$$M_{\text{max. +}} = \left(\frac{WL^2}{8} + \frac{PL}{4} \right) \times 0.90$$

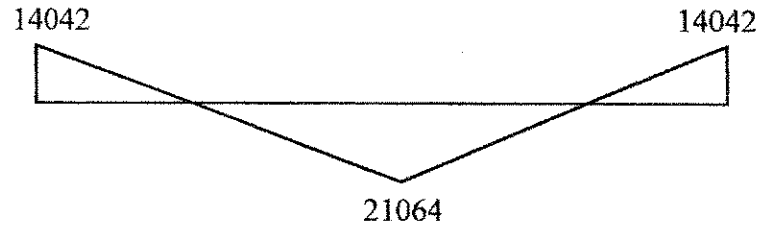
$$= \frac{1638(7^2)}{8} + \frac{7641.1 \times 7}{4} = 23,404.67$$

$$= 23404.67 \times 0.9$$

$$= 21,064 \text{ Kg./mt}$$

$$M - \text{max.} = 23404.67 \times 0.60$$

$$= 14042 \text{ Kg./mt}$$



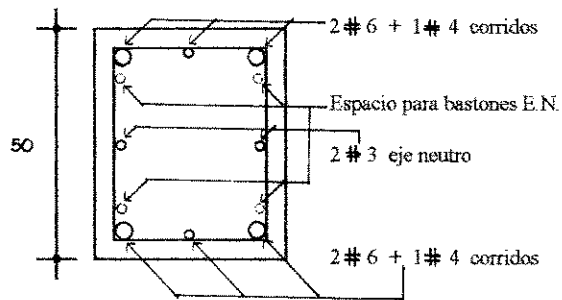
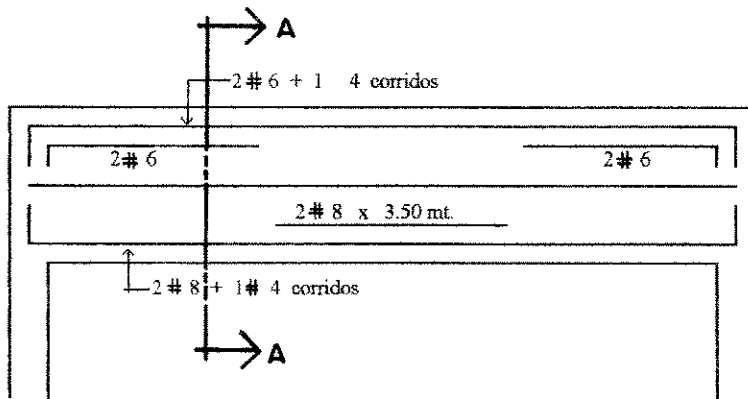
Momento (Kg./mt)	As (cm ²)
M+ 21064	21.85
M- 14042	13.67

$$\text{As min.} = 5.63$$

$$\text{As max.} = 20.68$$

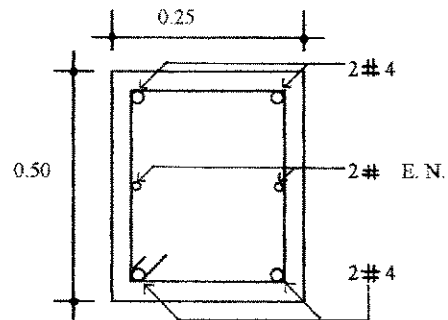
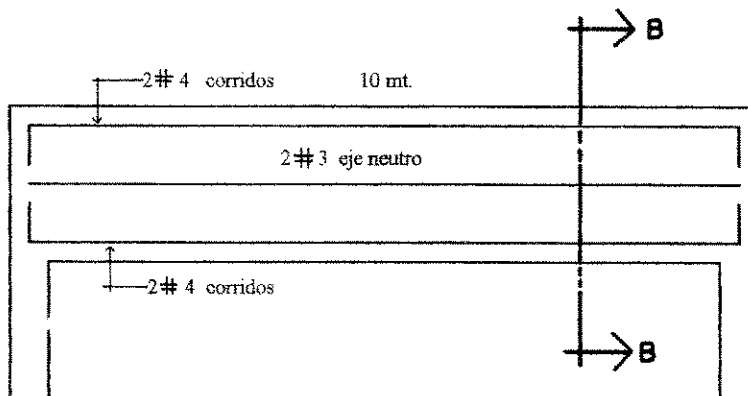
$$\text{ACS} = 5.63$$

$$\text{ACI} = 10.93$$

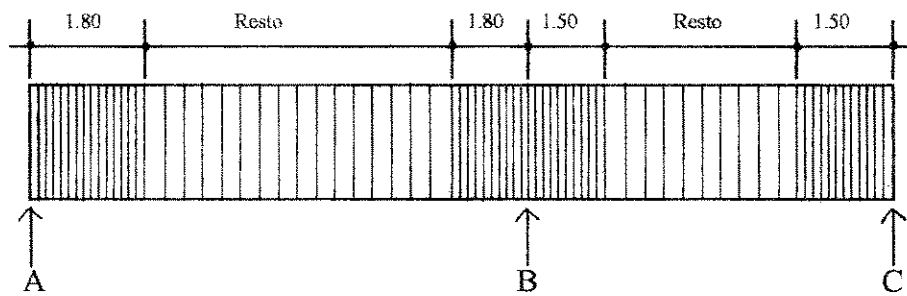
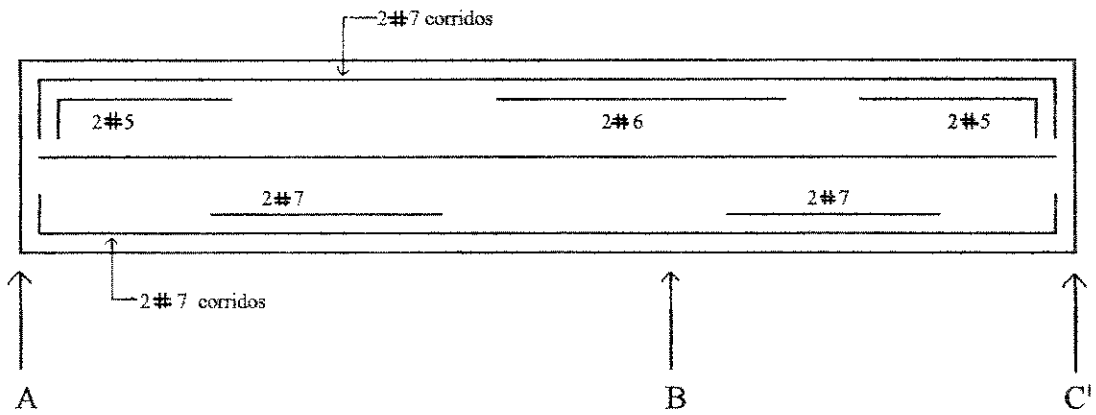


SECCION A-A

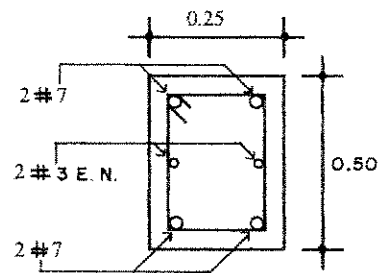
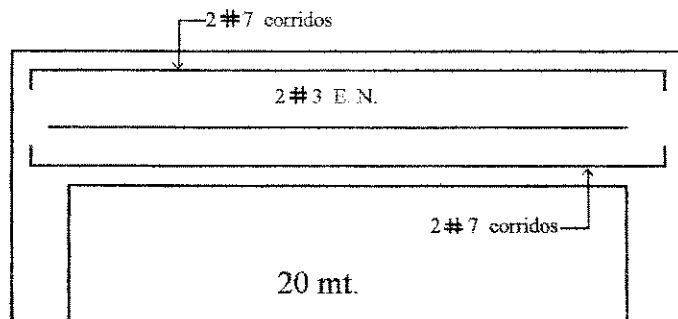
784 VS 4



SECCION B-B

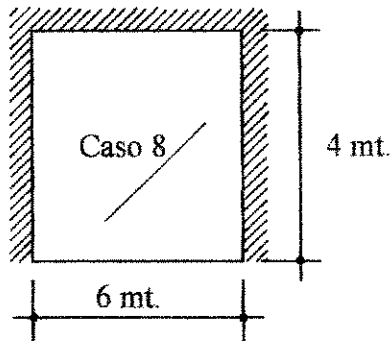


78.5 V Perimetral 2



(VER ANEXO HOJA # 8)

7.9 DISEÑO DE LOSAS



$$\frac{a}{b} = \frac{4}{6} = 0.65 \text{ Vemos coeficiente}$$

$$\text{Espesor} = \frac{6 + 4 + 6 + 4}{180} = 0.12 \text{ cm (por facilidad)}$$

$$\text{CM} = 388 \text{ Kg./mt}^2 \times 1.4 = 543.2 \text{ Kg./mt}^2$$

$$\text{CV} = 500 \text{ Kg./mt}^2 \times 1.7 = \frac{850}{1393 \text{ Kg./mt}^2}$$

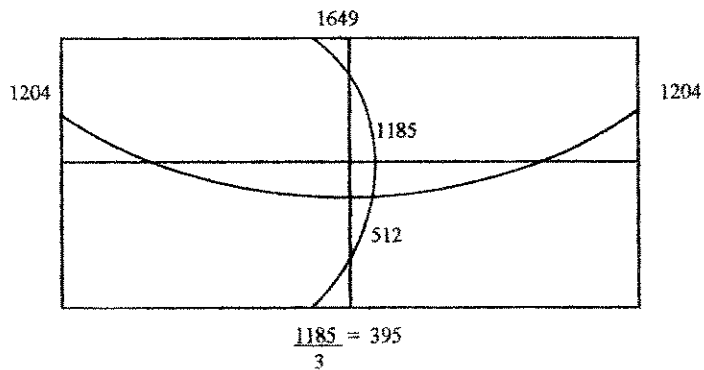
$$M_{a-} = 0.074 (13.93) (4^2) = 1649$$

$$M_{b-} = 0.024 (1393) (6^2) = 1204$$

$$M_{a+} = 0.044 (543) (4^2) + 0.059 (850) (4^2) = 1185$$

$$M_{b+} = 0.009 (543) (6^2) + 0.011 (850) (6^2) = 512$$

$$\begin{aligned} f_y &= 2810 \\ d &= 9 \\ b &= 100 \end{aligned}$$



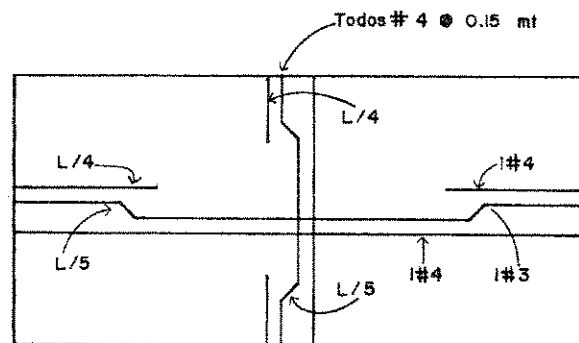
Momento	As (cm ²)	Opción 1	Opción 2	
		# 3 @ (cm)	# 4 @ (cm)	
1185	5.46	13	23	→ Usar # 4 @ 0.15 en ambos sentidos
1649	7.77	9	16	
1204	5.56	12.7	22	
512	2.29	31.		

$$As_{min.} = \frac{14.1}{f_y} \times b \times d \times 0.4 =$$

$$= \frac{14.1}{2810} \times (9) (100) (04) = 1,804 \text{ mt}^2$$

$$\text{Bastones} = L/4 \quad \text{Tensiones} = L/5$$

Armado de losa :



(VER ANEXO HOJA # 7)

7.10 DISEÑO DE COLUMNAS

P axial (v)

$n+1$	$n+2$
$C_{viva} = 4030.5 + 4030.5$	$875 + 875 = 9811 \text{ Kg.}$
$C_{mu.} = 7475.8 + 7475.8$	$633 + 633 = 16217.6 \text{ Kg.}$
$C_{sismo} = 730.90 - 730.90$	$159.90 - 159.90 = 0$

$$C_U = 1.4 C_M + 1.7 C_V = 39383 \text{ Kg.}$$

Momentos :

$$M_{CM} = 0 \quad (\text{suman los contrarios})$$

$$M_{cv} = 0$$

$$S = 6007.60 \quad (\text{suman ambos sentidos iguales})$$

$$M_u = (1.87 (6007.6)) 0.75 = 8425 \text{ Kg./mt}$$

P axial eje 3 :

	$n+1$	$n+2$	
$C_v = 3519.8411$			Momentos
$C_M = 5348$		1437.40	$M_{cv} = 1021 \quad (\text{resta de ambos})$
$S = 1433.40$		304	$M_{CM} = 948$
			$S = 4802$

$$C_U = 1.4 (6785.40) + 1.7 (3930) = 16181 \text{ Kg.}$$

$$M_U = (1.4 C_M + 1.7 C_V + 1.87 C_S) 0.75 =$$

$$M_U = 1.4 (1021) + 1.7(1948) + 1.87 (4802) 0.75 = 9.031 \text{ T. mt.}$$

$$\Rightarrow P = 55,564 \text{ Kg.}$$

$$M_x = 8.425 \text{ T. mt.}$$

$$M_y = 9.031 \text{ T. mt.}$$

Se asume: 4 Var. # 8 + 4 # 5 $A_s = 28.2 \text{ cm}^2$

$$J_u = \frac{A_s F_y}{A_g 0.85 f' c} \Rightarrow \frac{28.2 \times 2810}{40 \times 0.85 \times 210} = 0.277 = 0.28$$

$$e_x = \frac{M_x}{P} = \frac{8425 \text{ Kg./mt.}}{55564 \text{ Kg.}} = 0.15 \text{ mt.} \quad \frac{e_x}{h} = \frac{0.15}{0.40} = 0.38$$

$$e_y = \frac{M_y}{P} = \frac{9031 \text{ Kg./mt.}}{55564 \text{ Kg.}} = 0.16 \text{ mt.} \quad \frac{e_y}{h} = \frac{0.16}{0.40} = 0.40$$

De Gráfica:

$$\frac{e_x}{h_x} = 0.38 \quad K = 0.47 \quad P = 0.47 (0.85 \times 210 \times 40^2) = 134232 \text{ Kg.}$$

$$\frac{e_y}{h_y} = 0.40 \quad K = 0.45 \quad P = 0.45 (0.85 \times 210 \times 40^2) = 128520 \text{ Kg.}$$

$$P_o = 0.85 (210 \times 40) + 28.2 (2810) = 364,842 \text{ Kg.}$$

$$\frac{1}{P_n} = \frac{1}{P_x} + \frac{1}{P_y} - \frac{1}{P_o} \Rightarrow \frac{1}{P_n} = \frac{1}{134232} + \frac{1}{128520} - \frac{1}{364842}$$

$$P_n = 80065.55 \text{ Kg.} \succ P_{\text{ultima}}$$

$$\phi P_n = (0.70) \text{ compresión} \times 80065.55 = 56 \text{ Ton. (cerca del límite)}$$

\Rightarrow Por seguridad aumentados de #5 a #6

7.10.1 Confinamiento de Columna

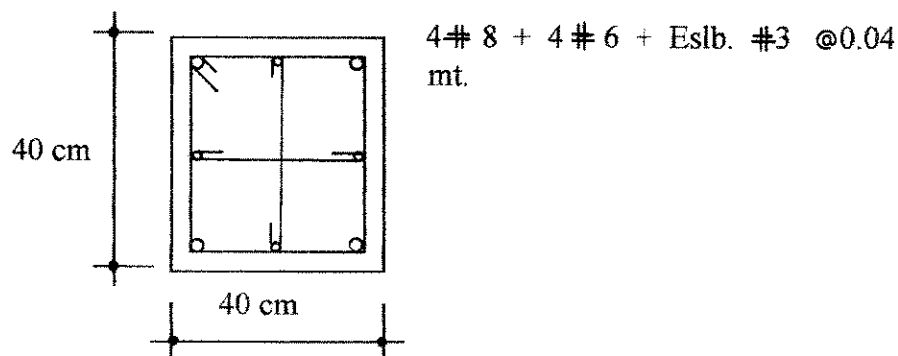
$$L_o = \begin{matrix} 18'' & 45 \text{ cm} \\ h > b = 40 \text{ cm} \\ L_c/6 = 3.90/6 = 65 \text{ cm} \end{matrix} \quad (\text{Se toma el mayor})$$

$$S' = \frac{2 A_v}{L_n \rho_s} \quad \rho_s = 0.45 \left[\frac{q}{C h} - 1 \right] \frac{0.85 f'_c}{f_y}$$

$$\rho_s = 0.45 \left[\frac{40}{30} - 1 \right] \frac{210 (0.85)}{2810} = 0.0222$$

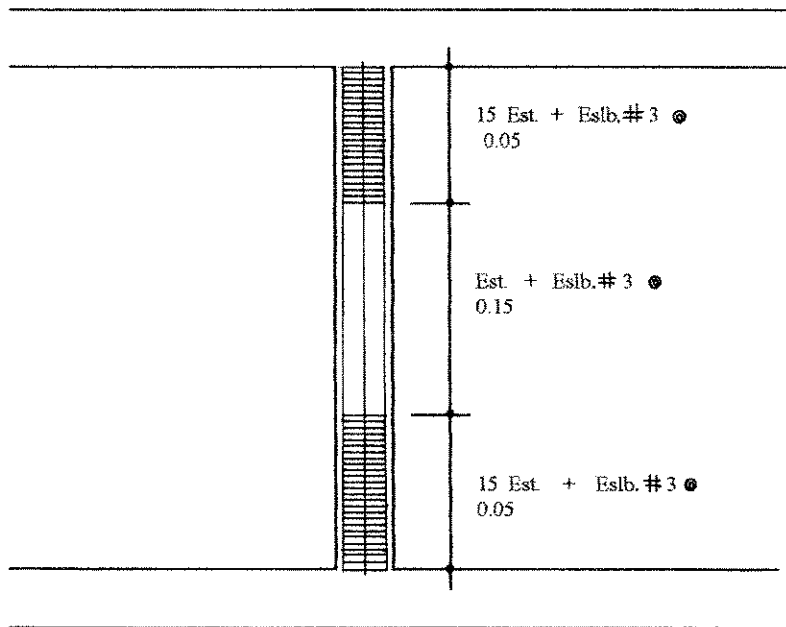
$$S' = \frac{(0.7) (2)}{15 \times 0.0222} = 4.25 \text{ cm}$$

$$S' = 4 \text{ cm}$$



15 Eslb. # 3 @ 0.05 mt. Ambos sentidos

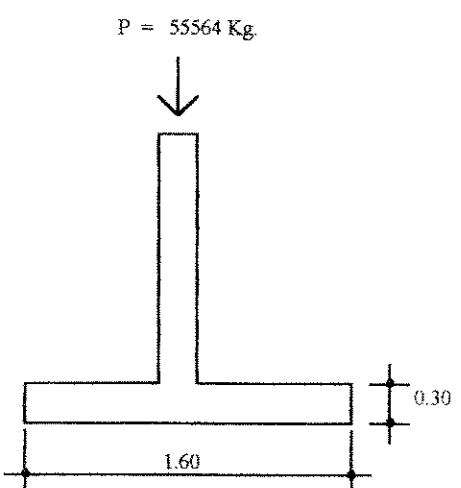
Nota : La forma del eslabón es conforme a la recomendación de la Unión Británica del Concreto.



(VER ANEXO HOJA # 6)

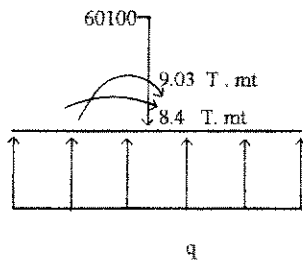
7.11 ZAPATAS

(Cimiento Aislado)



$$\begin{aligned}
 \text{Vol. concreto + Zapata} &= \\
 &= [0.40^2 \times (3.10 + 3.90) + 1.6^2 \times 0.30] \\
 &\quad \times 2400 \\
 &= 4530 \text{ Kg.}
 \end{aligned}$$

$$\text{factor carga \u00faltima} = f_{cm} = \frac{P_u}{P_{cm} + P_{cv}} = \frac{60100}{41274} = 1.45$$



$$P_s = \frac{60100}{1.45} = 41448 \text{ Kg.}$$

$$M_x = \frac{8400}{1.45} = 5800 \text{ Kg./mt}$$

$$M_y = \frac{9030}{1.45} = 6228 \text{ Kg./mt}$$

P_s = carga de Servicio

$$\mathcal{J} = \frac{P}{A} + \frac{M}{S} = \frac{41448}{1.6^2} + \frac{5800}{1/6(1.6)^3} + \frac{6228}{1/6(1.6)^3}$$

$$\Rightarrow 16190 \pm 8496 \pm 9123 = (-1429) \text{ Aumentar Secci\u00f3n}$$

\Rightarrow Tanteo Zapatas 1.80 x 1.80

$$\mathcal{J} = \frac{41488}{1.8^2} + \frac{5800}{1/6(1.8)^3} + \frac{6228}{1/6(1.8)^3}$$

$$\mathcal{J} = 12792 \pm 5967 \pm 6407 = \text{Aumentar Secci\u00f3n}$$

\Rightarrow Zapatas de 1.90 x 1.90

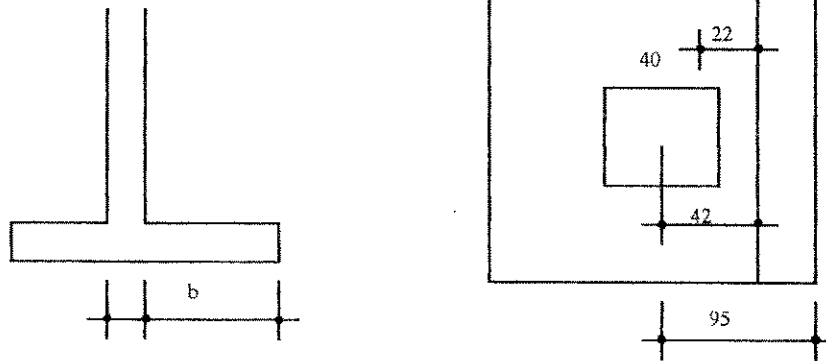
$$\mathcal{J} = \frac{41448}{(1.9)^2} + \frac{5800}{1/6(1.90)^3} + \frac{6228}{1/6(1.90)^3}$$

$$\mathcal{J} = 11481 \pm 5073 \pm 5448$$

$$\mathcal{J}_{\text{max.}} = 22 \text{ T/mt}^2$$

$$\mathcal{J}_{\text{min.}} = 0.96 \text{ T/mt}^2$$

7.11.2 Corte flexionante

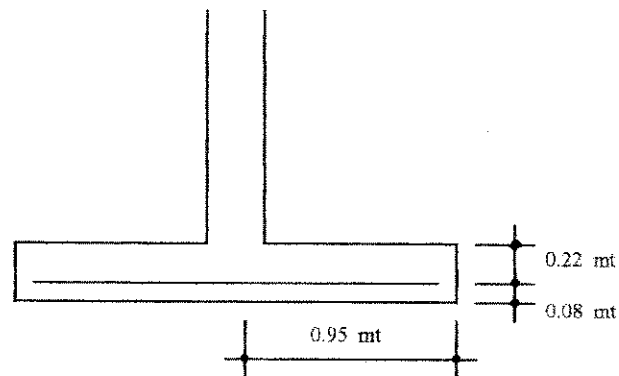


$$\frac{40}{2} + 0.22$$

$$V_{act} = \left[\frac{1.90}{2} - \left(\frac{0.40}{2} + 0.22 \right) \right] \times 1.90 \times 20000 \text{ Kg} = 20,140 \text{ Kg}$$

$$V_{res.} = 0.53 (0.85) \sqrt{210} (1.90) (22) = 27288 \text{ Kg}$$

7.11.3 Diseño de Refuerzo :

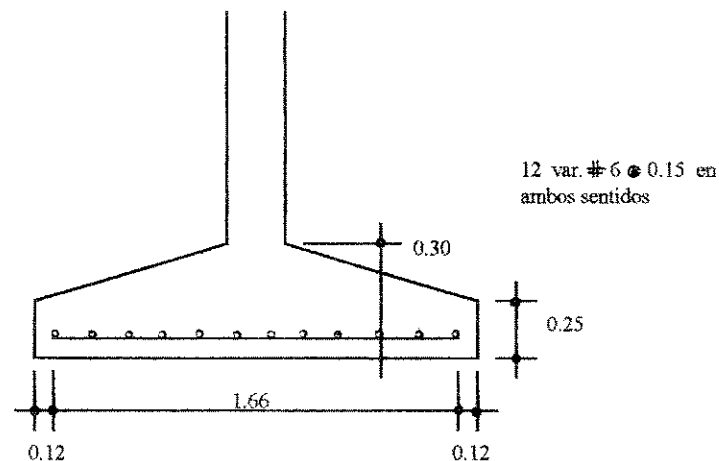


$$M = (0.95 \times 1.90 \times 20000) \left(\frac{0.95}{2} \right) = 17147 \text{ Kg./mt}$$

$$\begin{aligned}
 b &= 1.90 & A_s &= 33 \text{ cm}^2 \\
 d &= 0.22 \\
 f_y &= 2810 & \Rightarrow & A_{s \text{ min.}} = \frac{14.1}{2810} \times 190 \times 22 \\
 f'_c &= 210 & & A_{s \text{ min.}} = 20.97 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

7.11.4 Espaciamiento :

$$\begin{aligned}
 \frac{33 \text{ cm}}{2.85 \text{ cm}} &= 11.57 \Rightarrow \text{usar 12 var. } \# 6 \\
 & \text{esp. } @ 0.15 \text{ en ambos sentidos}
 \end{aligned}$$



(VER ANEXO HOJA # 6)

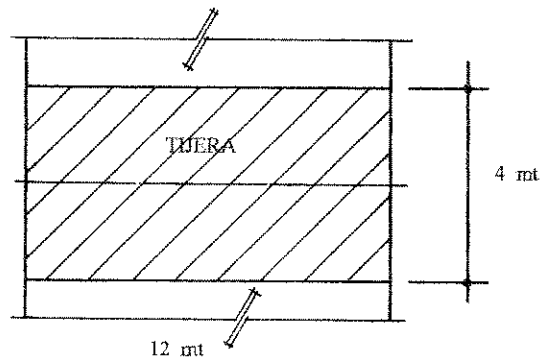
7.11.5 Especificaciones :

- 1.- El acero de Refuerzo de grado 40 (2810 Kg./cm²).
- 2.- El concreto de 210 Kg./cm²
- 3.- El recubrimiento mínimo en columnas y vigas será de 2.5 centímetros.
- 4.- El recubrimiento en zapatas o cimientos será de 8 centímetros.

7.12 DISEÑO DE TECHOS

Cargas de Diseño :

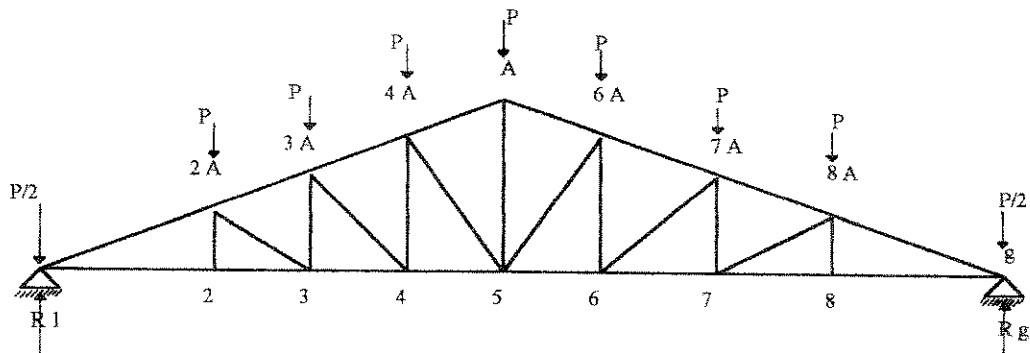
1.-	Lámina	=	3 Lb./f ²	
2.-	Costaneras	=	1 Lb./f ²	
3.-	Instalaciones	=	3 Lb./f ²	
4.-	P. propio	=	1 Lb./f ²	
5.-	Carga viva	=	12 Lb./f	
			<u>20 Lb./f²</u>	= 97.6 Kg./mt ²



$$\text{Area} = 12 \times 4 = 48 \text{ mt}^2$$

$$P \text{ total} = 48 \times 97.6 = 4684.8 \text{ Kg.}$$

$$C \text{ puntual por nudo} = \frac{4684.8}{8} = 585.6 \text{ Kg.}$$

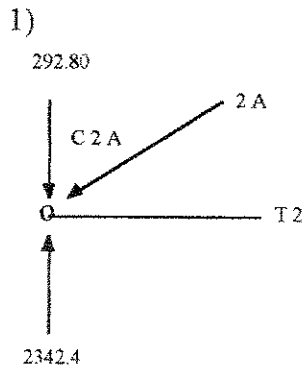


$$P = 585.6 \text{ Kg.}$$

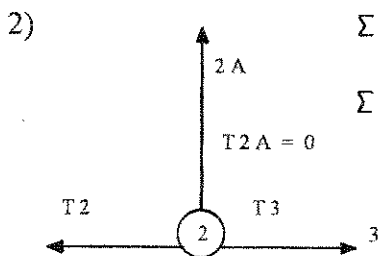
$$R_1 = \frac{8 (585.6)}{2} = R_g$$

$$R_1 = R_g = 2342.40 \text{ Kg.}$$

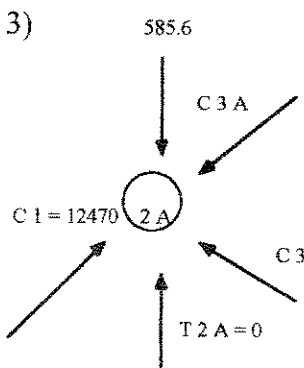
7.12.1 Por nudos :



$$\begin{aligned} \Sigma F_y &= 0 \\ 2342.4 - 292.80 - C_{2A} (\text{Sen. } 9.46) &= \\ C_{2A} &= 12470 \text{ Kg.} \\ \Sigma F_x &= 0 \\ T_2 - C_{2A} (\text{Cos. } 9.46) &= \\ T_2 &= 12300 \text{ Kg.} \end{aligned}$$

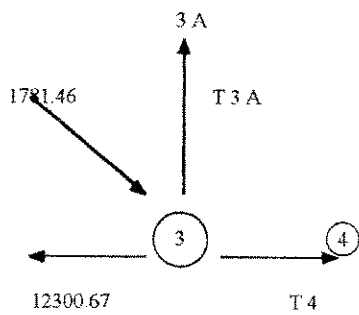


$$\begin{aligned} \Sigma F_x &= 0 \\ T_2 &= T_3 = 12300 \text{ Kg.} \\ \Sigma F_y &= 0 \\ T_{2A} &= 0 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \Sigma F_x &= 0 \\ 12470 \text{ Cos. } 9.46 - \text{Cos. } A \text{ Cos. } 9.46 - C_3 \text{ Cos. } 9.46 &= 0 \\ C_{3A} + C_3 &= 12470 \\ \Sigma F_y &= 0 \\ 12470 \text{ Sen. } 9.46 - 585.6 - C_{3A} \text{ Sen. } 9.46 + C_3 \text{ Sen. } 9.4 &= 0 \\ C_3 - C_{3A} &= \frac{585.6}{\text{Sen. } 9.46} - 12470 \\ C_3 - C_{3A} &= -8907.06 \\ 12470 - C_{3A} - C_{3A} &= -8907.06 \\ -2 C_{3A} &= -8907.06 - 12470 \\ C_{3A} &= 10688.54 \text{ Kg.} \\ C_3 &= 1781.47 \text{ Kg.} \end{aligned}$$

4)



$$\Sigma F_y = 0$$

$$- 1781.46 \text{ Sen. } 9.46 + T_{3A} = 0$$

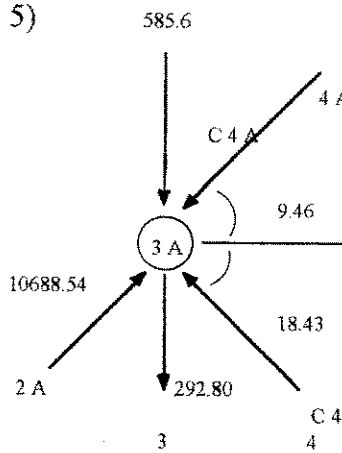
$$T_{3A} = 292.80 \text{ Kg.}$$

$$\Sigma F_x = 0$$

$$- 12300.67 + 1781.46 \text{ Cos. } 9.46 + T_4 = 0$$

$$T_4 = 10543.44 \text{ Kg.}$$

5)



$$\Sigma F_x = 0$$

$$10688.54 \text{ Cos. } (9.46) + - C_{4A} \text{ Cos. } 9.46 - C_4 \text{ Cos. } 18.43^\circ = 0$$

$$C_{4A} + C_4 (0.9618) = 10688.54$$

$$\Sigma F_y = 0$$

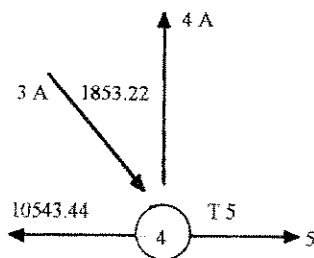
$$10688.54 \text{ Sen. } 9.46 - 585.60 - C_{4A} \text{ Sen. } 9.46 + C_4 \text{ Sen. } 18.43 - 292.80 = 0$$

$$- 878.36 - C_{4A} (0.1644) + C_4 (0.3161) = 0$$

$$C_{4A} = 8906.10$$

$$C_4 = 1853.22$$

6)



$$\Sigma F_y = 0$$

$$- 1853.22 \text{ Sen. } 18.43 + T_{4A} = 0$$

$$T_{4A} = 585.88 \text{ Kg}$$

$$\Sigma F_x = 0$$

$$- 10543.44 + 853 \text{ Cos. } 18.43 + T_5 = 0$$

$$T_5 = 8785.47 \text{ Kg.}$$

7)

$$\Sigma F_x = 0$$

$$8906.1 (\text{Cos. } 9.46) - C_{5A} (\text{Cos. } 9.46) -$$

$$C_5 \text{Cos. } 26.56 = 0$$

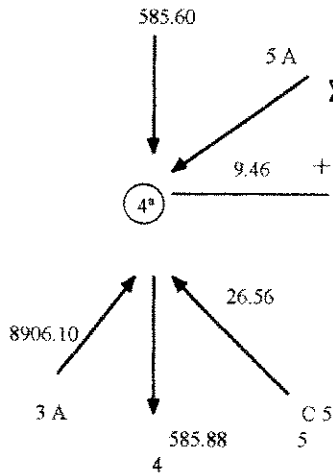
$$C_{5A} + C_5 (0.9068) = 8906.10$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$8906.1 \text{ Sen. } 9.46 - 585.6 - 585.88 - C_{5A} \text{ Sen. } 9.46$$

$$+ C_5 \text{ Sen. } 26.56 = 0$$

$$C_{5A} (0.1644) - C_5 (0.4471) = 292.32$$



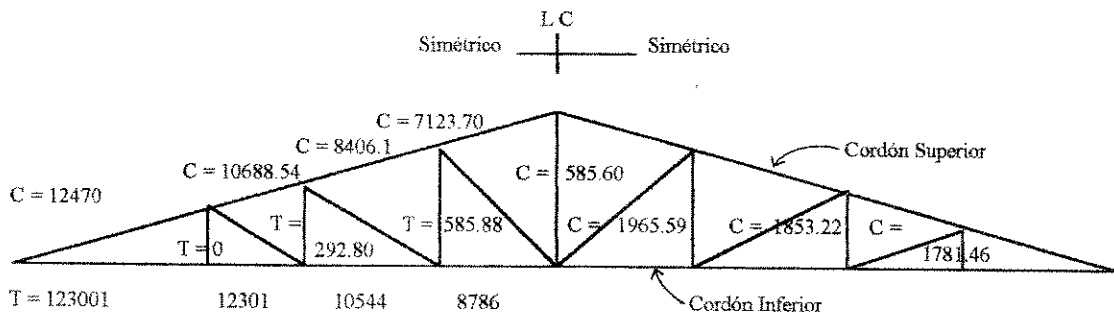
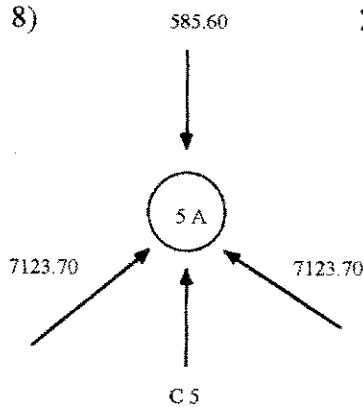
$$C_{5A} = 7123.70$$

$$C_5 = 1965.59 \text{ Kg.}$$

8)

$$\Sigma F_y = 0$$

$$C_5 = 585.60$$



712.2 Cordón Inferior :

$$f_a = 0.6 f_y$$

$$f_a = 0.6 (2530.98 \text{ Kg./cm}^2) \text{ (grado A 36)}$$

$$f_a = 1518.58 \text{ Kg./cm}^2$$

$$\text{Máxima tensión} = 12300.67 \text{ Kg.}$$

$$f = \frac{P}{A} \quad A = \frac{P}{f} = \frac{12300.67}{1518.588} = 8.10 \text{ cm}^2$$

$$\Rightarrow 2 \text{ angulares } 2 \times 2 \times 3/16 \quad \text{Area Total} = 9.16 \text{ cm}^2$$

712.3 Cordón Superior : (compresión)

1) 1ra. Iteración $2 \times 2 \times 3/16$

$$\frac{KL}{r} = \frac{1 (152 \text{ cm})}{1.57 \text{ cm}} = 96.52$$

$$f_a = 13.40 \text{ Ksi.} = 942 \text{ Kg./cm}^2 \text{ (permisible)}$$

$$f_{acT} = \frac{P}{A} \Rightarrow \frac{12470}{960} = 1361 \text{ Kg./cm}^2 \text{ (no)}$$

2) 2da. iteración $2 \times 2 \times 1/4$

$$\frac{KL}{r} = \frac{1 (152 \text{ cm})}{1.55 \text{ cm}} = 98$$

$$f_a = 13.23 \text{ Ksi.} = 93.13 \text{ Kg./cm}^2 \text{ (permisible) (tabla)}$$

$$f_{acT} = \frac{12470}{12.12} = 1028 \text{ Kg./cm}^2 \text{ (no)}$$

3) 3era. iteración 2 1/2" x 2 1/2" x 3/16

$$\frac{KL}{r} = \frac{1 (152)}{1.9812} = 76.72$$

$$f_a = 16.22 \text{ Ksi.} = 1140 \text{ Kg./cm}^2 \text{ (permisible)}$$

$$f_{acT} = \frac{12470 \text{ Kg.}}{2 (5.80)} = 1073.8 \text{ Kg./cm}^2 < f_a \text{ (cumple)}$$

7.2.4 Diagonales :

$$C \text{ máxima} = 1965.59 \text{ Kg.}$$

$$L = 167.7 \text{ cm}$$

$$\frac{KL}{r} = \frac{1676}{1.17} = 143$$

$$f_a = 7.30 \text{ Ksi.} = 513 \text{ Kg./cm}^2$$

$$f_{acT} = \frac{196559 \text{ Kg.}}{4.64 \text{ cm}} = 423 \text{ Kg./cm} < f_a$$

Verticales usar 2 angulares de 1 x 1 x 1/8

(VER ANEXO HOJA # 9)

7.13. DISEÑO DE MENSULA

Carga viga : 51 Klb.

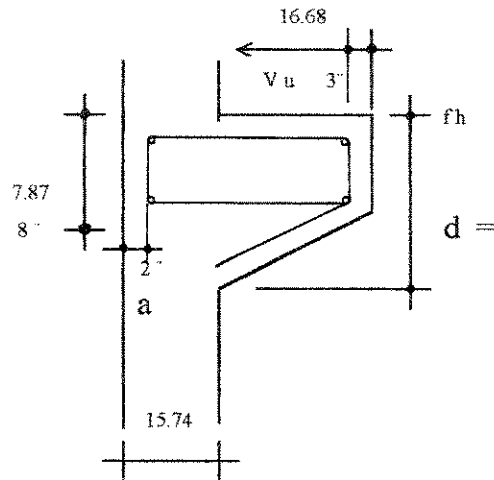
Carga muerta 25 Klb.

Solución:

$$C_u = 1.4 \times 25 + 1.751$$

$$C_u = 122 \text{ Klb.}$$

$$f_h = 0.20 \times 122 = 24 \text{ Klb.}$$



ACI = la resistencia nominal $V_n = 0.2 f'_c b d u = 800 b d$

$$b = 15.74" \quad d = 11.40" \quad h \Rightarrow 19.68$$

$$\text{Código ACI} \Rightarrow 0.5 d = 5.70"$$

$$\frac{16.7}{19.68} = 0.84 < 1 \quad \text{req. ACI}$$

Area de Acero por Corte y Fricción

$$A_{vf} = \frac{V_u}{\phi_u f_y} = \frac{122}{0.85 \times 1.4 \times 60} = 1.71 \text{ pulg.}^2$$

El momento :

$$M_u = V_u + f_h (h - d)$$

$$M_u = 122 \times 16.7 + 24 (1)$$

$$M_u = 2061.4 \text{ Klb. pulg.}$$

Acero :

$$A_f = \frac{M_u}{\phi f_y (d - a/2)} = \frac{2061.4}{0.85 \times 60 \times (18 - 1)} = 2.37 \text{ pulg.}^2$$

Verificando :

$$a = \frac{A_f f_y}{0.85 f'_c b} = \frac{2.37 \times 60}{0.85 \times 5 \times 16} = 2.09$$

de modo que :

$$\text{Area de acero} = A_f = \frac{2061}{0.85 \times 60 (18 - 1.045)} = 2.38 \text{ pulg.}^2$$

$$\text{fuerza horizontal} = A_n = \frac{N_u c}{\phi f_y} = \frac{24}{0.85 \times 60} = 0.47 \text{ pulg.}^2$$

$$A_{\text{sup.}} \geq A_f + A_n$$

$$A_{\text{sup.}} \geq 2.38 + 0.47 = 2.85$$

$$A_s \geq \frac{2}{3} \times 1.71 + 0.47 = 1.61 \text{ pulg.}^2 \text{ no menor que}$$

$$\frac{2}{3} A_{sf} + A_n$$

$$A_s \text{ m\u00ednimo} = 0.04 \frac{f'_c}{f_y} b d$$

$$= 0.04 \times \frac{5}{6} \times 16 \times 11 = 0.58 \text{ pulg.}^2$$

(VER ANEXO HOJA # 9)

7.14 INTEGRACION DEL PRESUPUESTO

Existen diversas formas de integrar un presupuesto, éstas, de acuerdo a las características individuales de cada proyecto, en el proyecto de Laboratorios para Ingeniería Civil del Centro Universitario de Occidente, la integración del presupuesto se ha dividido en tres fases principales, siendo éstas: Materiales de Construcción, Mano de obra y Costo de Equipo.

En la consideración de los costos de materiales de construcción, se ha tomado en cuenta un desglose minucioso de los mismos, así como, los precios que rigen en el mercado de la región sur-occidental del país. (Sección 7.15).

El costo de mano de obra está determinado por medio del criterio "a destajo", es decir, establecer un costo por unidad de trabajo; por ejemplo, la colocación de piso, cuya unidad es el metro cuadrado tiene un costo en esta región de Q35.00 el metro cuadrado, con ello, se facilita establecer el costo más aproximado a la realidad, así como los imprevistos que puedan ocurrir.(Sección 7.16).

En la determinación del precio del equipo necesario para implementar cada uno de los laboratorios, se consideraron las cotizaciones actualizadas de los centros de distribución del mismo, siendo los más importantes, SATEC y PRECISION de Guatemala. (Secciones 7.17 y 7.18).

7.15 Presupuesto

fecha: junio 97

Para:

Area para Laboratorios de Ingeniería CUNOC.

Elmar Lizardo Rodas Hernández.
Ejercicio Profesional Supervisado.
Facultad de Ingeniería.

MATERIALES DE CONSTRUCCION

Nº ARTÍCULO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRECIO UNIDAD	TOTAL
1	311,00	qq de hierro No. 8 grado 40	qq	120,00	37.320,00
2	33,00	qq de hierro No. 7 grado 40	qq	120,00	3.960,00
3	170,00	qq de hierro No. 6 grado 40	qq	120,00	20.400,00
4	2,00	qq de hierro No. 5 grado 40	qq	120,00	240,00
5	454,00	qq de hierro No. 4 grado 40	qq	120,00	54.480,00
6	83,00	qq de hierro No. 3 grado 40	qq	120,00	9.960,00
7	35,00	qq de hierro No. 2	qq	120,00	4.200,00
8	3471,00	S. de Cemento Portland	saco	24,00	83.304,00
9	325,00	sacos de Cal viva	saco	17,00	5.525,00
10	288,00	bolsas de cal hidratada	bolsa	16,50	4.752,00
11	40,00	mt 3 de material Selecto	mt 3	60,00	2.400,00
12	357,00	mt 3 de çarena de río	mt 3	40,00	14.280,00
13	257,00	mt 3 de agregado grueso	mt 3	75,00	19.275,00
14	23010,00	unidad de block 15X20X40	unidad	1,80	41.418,00
15	18810,00	unidad de adoquín	unidad	3,45	64.894,50
16	927,00	mt 2 de piso de granito 25X25	mt2	48,00	44.496,00
17	130	mt 2 de azulejo 15X15	mt 2	5200	6760
18	14	Juego Sanitario + lavamanos	unidad	1200	16800
DRENAJES					
19	99,00	tubos de PVC d. 3"	unidad	75,00	7.425,00
20	25,00	tubos de PVC d. 6"	unidad	382,00	9.550,00
21	36,00	Tee de PVC d. 3"	unidad	27,00	972,00
22	53,00	codo de 90 de PVC 3"	unidad	24,00	1.272,00
23	6,00	Tee de PVC de 6"	unidad	400,00	2.400,00
24	5,00	codo de 90 de PVC d. 6"	unidad	340,00	1.700,00
25	7,00	cajas de unión	unidad	300,00	2.100,00
26	6,00	cajas con reposadera	unidad	300,00	1.800,00
27	2,00	cajas desarenadoras	unidad	300,00	600,00
28	,50	galón de pegamento	gal	350,00	175,00
Subtotal					462.458,50
Impuesto					
Total					462.458,50

Tasa fiscal: 0.00 %

VAN

PRESUPUESTO DE MATERIALES

fecha: junio 97

Para:

Area para Laboratorios de Ingenieria CUNOC.

Elmar Lizardo Rodas Hernández
Ejercicio Profesional Supervisado
Facultad de Ingeniería.

MATERIALES DE CONSTRUCCION

Nº ARTÍCULO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRECIO UNIDAD	TOTAL
		VIENEN			462.458,50
		HIDRAULICAS			
29	40,00	40 tubos PVC de 1" 160 PSI	unidad	28,00	1.120,00
30	30,00	Tee de PVC de 1"	unidad	4,96	148,80
31	45,00	Codos 90 de PVC de 1"	unidad	6,50	292,50
32	1,00	Llave de compuerta de 1"	unidad	16,00	16,00
33	1,00	Llave de Paso de 1"	unidad	12,00	12,00
34	2,00	Llave de Cheque de 1"	unidad	28,00	56,00
35	1,00	Contador	unidad	200,00	200,00
36	1,00	Sistema de 10 mt 3	unidad	3.500,00	3.500,00
37	1,00	bomba hidroneumática de 1"	unidad	4.000,00	4.000,00
		TECHOS			
38	171,00	angulares de 2 X 3/16 "		78,00	13.338,00
39	76,00	angulares de 1 1/2 X 1/8"		55,00	4.180,00
40	18,00	angulares de 1 X 1/8"		26,00	468,00
41	160,00	láminas perfil 10 de 12 pies		175,35	28.056,00
		ELECTRICAS			
42	1600,00	MT de alambre TW 10	mt	1,62	2.592,00
43	1400,00	MT de alambre TW 12	mt	1,04	1.456,00
44	750,00	MT de alambre TW 14	mt	,71	532,50
45	150,00	MT de cable THW 8	mt	3,17	475,50
46	16,00	lámparas industriales 1x40		112,90	1.806,40
47	78,00	lámparas industriales 2x40 RS		121,46	9.473,88
48	32,00	interruptores sencillos		5,61	179,52
49	20,00	placas sencillas		4,92	98,40
50	112,00	placas dobles		4,92	551,04
51	132,00	cajas rectangulares tica		1,61	212,52
				Subtotal	535.223,56
		Tasa fiscal: _____ %		Impuesto	
			VAN	Total	535.223,56

PRESUPUESTO DE MATERIALES

fecha: junio 97

Para:

Area para Laboratorios de Ingeniería CUNOC

Elmar Lizardo Rodas Hernández.

Ejercicio Profesional Supervisado.

Facultad de Ingeniería.

MATERIALES DE CONSTRUCCION

Nº ARTÍCULO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRECIO UNIDAD	TOTAL
		VIENEN			535.223,56
52	116,00	caja octogonal lica	unidad	1,75	203,00
53	178,00	5025 armadura cencilla	unidad	5,52	982,56
54	24,00	5028 armadura polarizada	unidad	7,04	168,96
55	5,00	tablero de 4 circuitos G.E.	unidad	66,09	330,45
56	2,00	tablero de 8 circuitos G.E.	unidad	85,50	171,00
57	1,00	tablero de 12 circuitos G.E.	unidad	163,45	163,45
58	14,00	Flipón 1X15 G.E.	unidad	25,65	359,10
59	11,00	flipón de 1X20 G.E.	unidad	25,65	282,15
60	5,00	flipón 2X30 G.E.	unidad	71,82	359,10
61	25,00	Cinta de aislar scotch 33	unidad	12,40	310,00
62	22,00	Reflector de 75W interior	unidad	13,00	286,00
63	22,00	Bases Y-1 P/socket	unidad	8,77	192,94
64	22,00	Socket sen. P/reflector	unidad	9,55	210,10
65	3280,00	pies de poliducto de 3/4	pies	,22	721,60
		VENTANERIA			
66	331,00	mt 2 de ventaneria aluminio	mt 2	250,00	82.750,00
		PUERTAS			
67	12,00	puertas playwod de 1.0X2.1	unidad	600,00	7.200,00
68	12,00	puertas playwod de 0.7X2.1	unidad	475,00	5.700,00
69	5,00	puetas de metal de 2X3.20	unidad	1.200,00	6.000,00
70	5,00	persianas de alumnio de 3 mt	unidad	4.500,00	22.500,00
		MADERA			
71	106,00	Docena Tabla de 1"	doc	190,00	20.140,00
72	175,00	Docena de Paral de 8 p.	doc	140,00	24.500,00
73	10,00	Docena de tablón de 2"	doc	300,00	3.000,00
74	8,00	Docena de regla 4"X4"	doc	325,00	2.600,00
		TOTAL		Subtotal	714.353,97
		Tasa fiscal: _____ %		Impuesto	
				Total	714.353,97

7.16 PRESUPUESTO DE MANO DE OBRA

Fecha: junio 97

Para:

Area para Laboratorios de Ingenieria CUNOC

Elmar Lizardo Rodas Hernández
Ejercicio Profesional Supervisado.
Facultad de Ingeniería.

MANO DE OBRA

Nº ARTÍCULO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRECIO UNIDAD	TOTAL
1	360,00	días de Ingeniero Recidente	día	150,00	54.000,00
2	360,00	días de Maestro de obra	día	50,00	18.000,00
3	617,00	Mt lineales de trazo	mt	15,00	9.255,00
4	2370,00	Mt lineal de armado	mt	25,00	59.250,00
5	748,00	Mt 2 de losa	mt 2	50,00	37.400,00
6	748,00	Mt 2 de formaleta para losa	mt 2	25,00	18.700,00
7	427,00	Mt 3 de zanjeo	mt 3	35,00	14.945,00
8	600,00	Mt 2 de formaleta	mt 2	25,00	15.000,00
9	260,00	Mt 3 de fundición	mt 3	100,00	26.000,00
10	1920,00	Mt 2 de Mampostería de block	mt 2	30,00	57.600,00
11	4700,00	Mt 2 de repello	mt 2	15,00	70.500,00
12	4700,00	Mt 2 de cernido	mt 2	15,00	70.500,00
13	4700,00	Mt 2 pintura dos manos	mt 2	4,00	18.800,00
14	927,00	Mt 2 de piso	mt 2	35,00	32.445,00
15	855,00	Mt 2 de adoquín	mt 2	35,00	29.925,00
16	594,00	Mt de tubería drenaje 3"	mt	30,00	17.820,00
17	150,00	Mt de tubería drenaje 6"	mt	40,00	6.000,00
18	15,00	Cajas para drenajes	unidad	125,00	1.875,00
19	240,00	Mt de tubería agua potable	mt	30,00	7.200,00
20	1,00	Sistema de 10 mt 3	unidad	4.000,00	4.000,00
21	14,00	juegos sanitario + lavamanos	unidad	300,00	4.200,00
22	19,00	Tijeras para techos	unidad	1.400,00	26.600,00
23	160,00	Láminas de 12 pies	unidad	100,00	16.000,00
24	248,00	Unidades de energía eléctrica	unidad	25,00	6.200,00
25	8,00	Tableros de distribución	unidad	1.000,00	8.000,00
26	130,00	Mt 2 de azulejo de 15X15	mt 2	25,00	3.250,00
27	331,00	Mt 2 de ventanería	mt 2	25,00	8.275,00
VAN				Subtotal	641.740,00
Tasa fiscal: _____ %				Impuesto	
				Total	641.740,00

718 PRESUPUESTO DE EQUIPO

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

Fecha: Mayo de 1997

Para:

Area para Laboratorios de Ingeniería CUNOC.

Elmar Lizardo Rodas Hernández.

Ejercicio Profesional Supervisado.

Facultad de Ingeniería.

EQUIPO Y HERRAMIENTAS

NO. ORD	CANT	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRE UNIT	TOTAL
1	5,00	Juegos de Barrenas o sondas	unidad	750,00	3.750,00
2	5,00	Juegos extensiones p/barrenas	unidad	250,00	1.250,00
3	2,00	Hornillos o rebvereros	unidad	4.000,00	8.000,00
4	2,00	Estufas de campo o mesa	unidad	500,00	1.000,00
5	1,00	Aparato para límite líquido y acanalador	unidad	5.000,00	5.000,00
6	3,00	Balanzas de resorte o dinamómetros	unidad	750,00	2.250,00
7	3,00	Balanzas de torsión p/4500 gramos	unidad	1.250,00	3.750,00
8	3,00	Balanzas de tres escalas p/211 gramos	unidad	1.500,00	4.500,00
9	2,00	Serie de Cribas portátiles	unidad	1.000,00	2.000,00
10	3,00	Juegos de tamices (No 200 a No. 4)	unidad	6.000,00	18.000,00
11	3,00	Equipos Próctor standar y modificado	unidad	3.500,00	10.500,00
12	2,00	Equipos California Bearing Ratio CBR	unidad	23.000,00	46.000,00
13	2,00	Gatos o trikets hidráulicos	unidad	1.200,00	2.400,00
14	2,00	Gatos o trikets mecánicos	unidad	450,00	900,00
EQUIPO SUPLEMENTARIO					
15	2,00	Vasos de 600 ml.	unidad	75,00	150,00
16	2,00	Probeta graduada a 1000 gramos	unidad	50,00	100,00
17	2,00	Bandejas metálicas	unidad	60,00	120,00
18	2,00	Mortero porcelana de 400 ml	unidad	75,00	150,00
19	6,00	Evaporadores de porcelana	unidad	50,00	300,00
20	5,00	Cintas de sellado	unidad	50,00	250,00
21	3,00	Agitadores manuales de tamices	unidad	150,00	450,00
EQUIPO VARIADO					
22	50,00	Boisgas de muestras	unidad	5,00	250,00
23	6,00	Tarros de metal	unidad	15,00	90,00
24	10,00	Cubetas concreteras	unidad	20,00	200,00
25	5,00	Probetas de 100 cc.	unidad	50,00	250,00
Subtotal					111.610,00
<i>Tasa fiscal: _____ %</i>					
Impuesto					
Total					111.610,00

7.19 PRESUPUESTO DE EQUIPO

LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION Y CONCRETO ARMADO 1

Fecha: mayo de 1997

Para:

Area para Laboratorios de Ingeniería CUNOC

Elmar Lizardo Rodas Hernández
Ejercicio Profesional Supervisado
Facultad de Ingeniería

Nº ARTÍCULO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRECIO UNIDAD	TOTAL
EQUIPO VARIADO					
1	4,00	Defomómetros	unidad	2.500,00	10.000,00
2	2,00	Penetrómetros	unidad	2.500,00	5.000,00
3	2,00	Compresores de 4 HP	unidad	3.500,00	7.000,00
4	4,00	Bernier standar	unidad	300,00	1.200,00
5	2,00	Tamizadoras	unidad	1.500,00	3.000,00
6	2,00	Polipasto para 1 ton	unidad	2.500,00	5.000,00
7	2,00	Niveladores de Cilindros	unidad	2.000,00	4.000,00
8	2,00	Mezcladoras	unidad	2.500,00	5.000,00
9	6,00	Carretillas de mano	unidad	150,00	900,00
10	2,00	Trockets	unidad	600,00	1.200,00
11	5,00	Juego de grifas	unidad	200,00	1.000,00
12	25,00	Cubetas concreteras	unidad	10,00	250,00
13	10,00	Tenezas y alicates	unidad	15,00	150,00
14	10,00	llave tipo cangrejos a 3 pulg	unidad	125,00	1.250,00
15	10,00	Martillos de 5 lb	unidad	40,00	400,00
16	10,00	Probetas de 100 ml	unidad	120,00	1.200,00
17	5,00	Termómetros hasta 300° C	unidad	525,00	2.625,00
18	10,00	Cucharas de albañil	unidad	20,00	200,00
19	3,00	Balanzas de 20 klg	unidad	4.500,00	13.500,00
20	1,00	Balanza de 500 klg	unidad	1.500,00	1.500,00
21	2,00	Juegos de puntas	unidad	50,00	100,00
22	4,00	Juegos de pinzas	unidad	250,00	1.000,00
23	5,00	Probetas de 1500 ml	unidad	200,00	1.000,00
Subtotal					66.475,00
<i>Tasa fiscal: _____ %</i>					Impuesto
Total					66.475,00

PRESUPUESTO DE EQUIPO

LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION Y CONCRETO ARMADO 1

Fecha: mayo 1997

Para:

Area para Laboratorios de Ingeniería CUNOC.

Elmar Lizardo Rodas Hernández
Ejercicio Profesional Supervisado
Facultad de Ingeniería.

Nº ARTÍCULO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRECIO UNIDAD	TOTAL	
MAQUINARIA REQUERIDA.						
1		Máquina Universal de 100 ton en tracción y 200 compresión	unidad	\$ 167,742.00	\$167,742.00	
2	1,00	Máquina Universal de 20 ton en Tensión y compresión	unidad	\$ 47,643.00	\$ 47,643.00	
3	1,00	Máquina Multiensayo de 200 KN tracción y compresión	unidad	\$ 51,900.00	\$ 51,900.00	
4	1,00	Juego extensómetros electrónicos	unidad	\$ 6,670.00	\$ 6,670.00	
5	1,00	Juego extensómetros mecánicos	unidad	\$ 3,000.00	\$ 3,000.00	
6	1,00	Juego completo Calibradores	unidad	\$ 4,500.00	\$ 4,500.00	
7	1,00	Máquina Riehle ensayo de tensión en madera capacidad 10000lb/plg	unidad	\$ 16,000.00	\$ 16,000.00	
8	1,00	Máquina para ensayos de desgaste en madera	unidad	\$ 13,000.00	\$ 13,000.00	
9	1,00	Máquina de ensayo para presión y ruptura para tubos de concreto	unidad	\$ 19,000.00	\$ 19,000.00	
10	1,00	Máquina para ensayo de presión y ruptura para tubería PVC	unidad	\$ 9,000.00	\$ 9,000.00	
11	1,00	Horno para temperatura 10 a 260 GC	unidad	\$ 8,000.00	\$ 8,000.00	
12	1,00	Máquina para ensayo de dureza Brinell (ASTM E-10)	unidad	\$ 14,000.00	\$ 14,000.00	
13	1,00	Máquina para ensayo de dureza Rockwell (ASTM E-18)	unidad	\$ 12,000.00	\$ 12,000.00	
					Subtotal	\$ 372,455.00
					Impuesto	
					Total	\$ 372,455.00

Tasa fiscal: _____ %

CONCLUSIONES

- 1.- El Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), brinda la oportunidad al estudiante que opta por realizarlo, confrontar la teoría con la práctica, complementando de una forma más integral la formación académica del futuro profesional, en lo particular los resultados obtenidos son invaluable, por cuanto permitieron adquirir criterio, experiencia y madurez profesional.
- 2.- La realización del proyecto de los laboratorios para Ingeniería, amerita una atención inmediata, ya que, por la inexistencia actual de los mismos, es obvia la deficiente formación académica, técnica y profesional de los estudiantes del Centro Universitario de Occidente.
- 3.- La elaboración del presupuesto del proyecto de Laboratorios para Ingeniería, se determinó tomando como base los costos de mano de obra y materiales de construcción que se manejan en la región sur-occidente del país; con respecto al costo del equipo, éste se consideró a través de cotizaciones actualizadas y realizadas en las instituciones que se encargan de la venta y distribución del mismo.
- 4.- Para completar el estudio sobre el proyecto de Laboratorios para Ingeniería, es necesario e indispensable realizar un análisis sobre el recurso humano que intervendrá en el adecuado funcionamiento, ya que, en el presente trabajo se consideró únicamente el aspecto de infraestructura física.
- 5.- Es indispensable una relación más estrecha entre las carreras de Ingeniería del Centro Universitario de Occidente y la Facultad de Ingeniería de la ciudad universitaria, de modo que, ésta última proporcione una cooperación académica, técnica y profesional al Centro; además, logre supervisar los contenidos programáticos, para que exista un nivel académico similar entre las dos unidades docentes.

RECOMENDACIONES

- 1.- Se recomienda a las autoridades y dirigentes estudiantiles del Centro Universitario de Occidente, crear una comisión bipartita, encargada de realizar un seguimiento al presente proyecto, ya que, unificando esfuerzos se puede lograr acudir a las instancias necesarias y conseguir el financiamiento correspondiente para la realización del proyecto de construcción de los laboratorios para Ingeniería de dicho Centro.

- 2.- Se recomienda a las autoridades docentes del Centro Universitario de Occidente, elaborar un estudio técnico, por medio de un Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S), sobre la estructuración de los recursos humanos que deben participar en el adecuado funcionamiento de los laboratorios, es decir, crear un organigrama del personal que activará el funcionamiento de los mismos, con esto, se completará el estudio de factibilidad del proyecto.

- 3.- Se recomienda a los docentes y estudiantes de la carrera de Ingeniería del Centro Universitario de Occidente, implementar a la mayor brevedad posible los laboratorios con el equipo que puede construirse artesanalmente, y lograr así, realizar algunas prácticas sencillas de laboratorio, con ello, evitar al máximo la deficiente formación académica y técnica de los estudiantes de aquel Centro.

- 4.- Se recomienda a la futura comisión encargada del seguimiento de este proyecto, buscar el asesoramiento de personal que esté involucrado directamente en el funcionamiento del Centro de Investigaciones de Ingeniería, logrando con ello, recibir una formulación de ideas que faciliten el desarrollo del proyecto.

BIBLIOGRAFIA

CABRERA, Vinicio Jadenón. Guía teórica y práctica del curso de Cimentaciones I. Tesis de graduación de Ingeniero Civil, facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, 1994.

JIMENEZ, José. Mecánica de Suelos y sus aplicaciones. España. Editorial Dossat. 1954.

LUTHE, Rodolfo. Análisis estructural. México, Editorial Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A. 1984.

MERRIT, Frederick S. Enciclopedia de la Construcción, Arquitectura e Ingeniería, México, Editorial Mc.Graw-Hill inc. 1984.

NAWY, Edwar G. Concreto Reforzado, un enfoque básico. México, Editorial Prentice Hall. 1991.

VIDEZ, Tobar Armando, Análisis y control de los costos de Ingeniería, Editorial "Guatemala Piedra Santa", Guatemala, 1978.

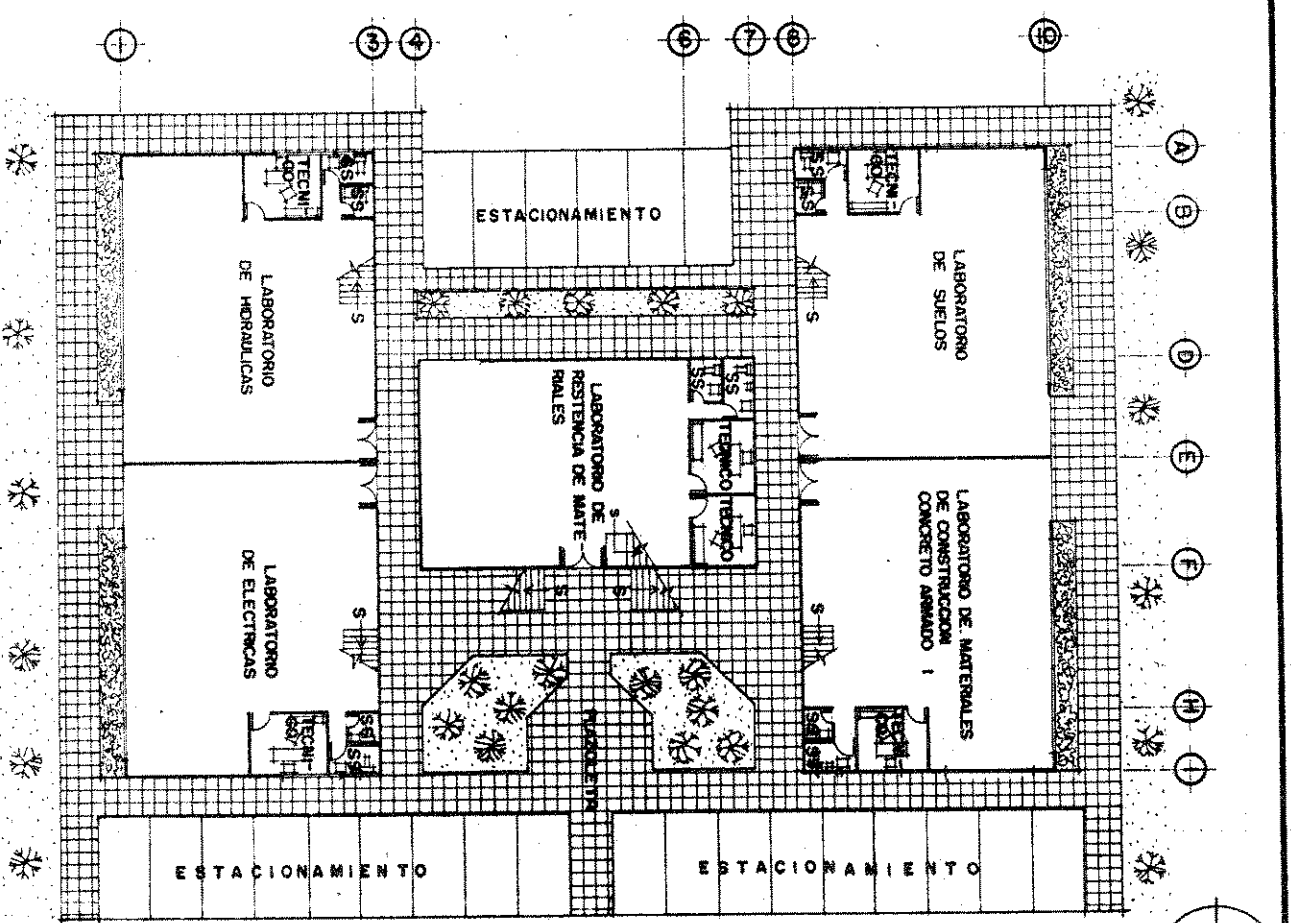
WINTER, George y Nilson Arthur, Proyecto de Estructuras de Hormigón. Cuarta Edición México, Editorial Reverte, S.A. 1994.

ANEXO

- 1.- PLANTA ARQUITECTONICA**
- 2.- PLANTA DE COTAS**
- 3.- PLANTA DE ACABADOS**
- 4.- PLANO DE FACHADAS**
- 5.- PLANO DE SECCIONES**
- 6.- PLANTA DE CIMENTACION**
- 7.- PLANTA DE TECHOS**
- 8.- PLANO DE DETALLES DE VIGAS**
- 9.- PLANO DE DETALLES DE TECHO**
- 10.- PLANO DE DETALLES DE GRADAS**
- 11.- PLANTA DE INSTALACION SANITARIA**
- 12.- PLANTA DE INSTALACION HIDRAULICA**
- 13.- PLANO DE DETALLES HIDRAULICAS**
- 14.- PLANTA DE INSTALACION ELECTRICA**
- 15.- PLANTA DE INSTALACION ELECTRICA**

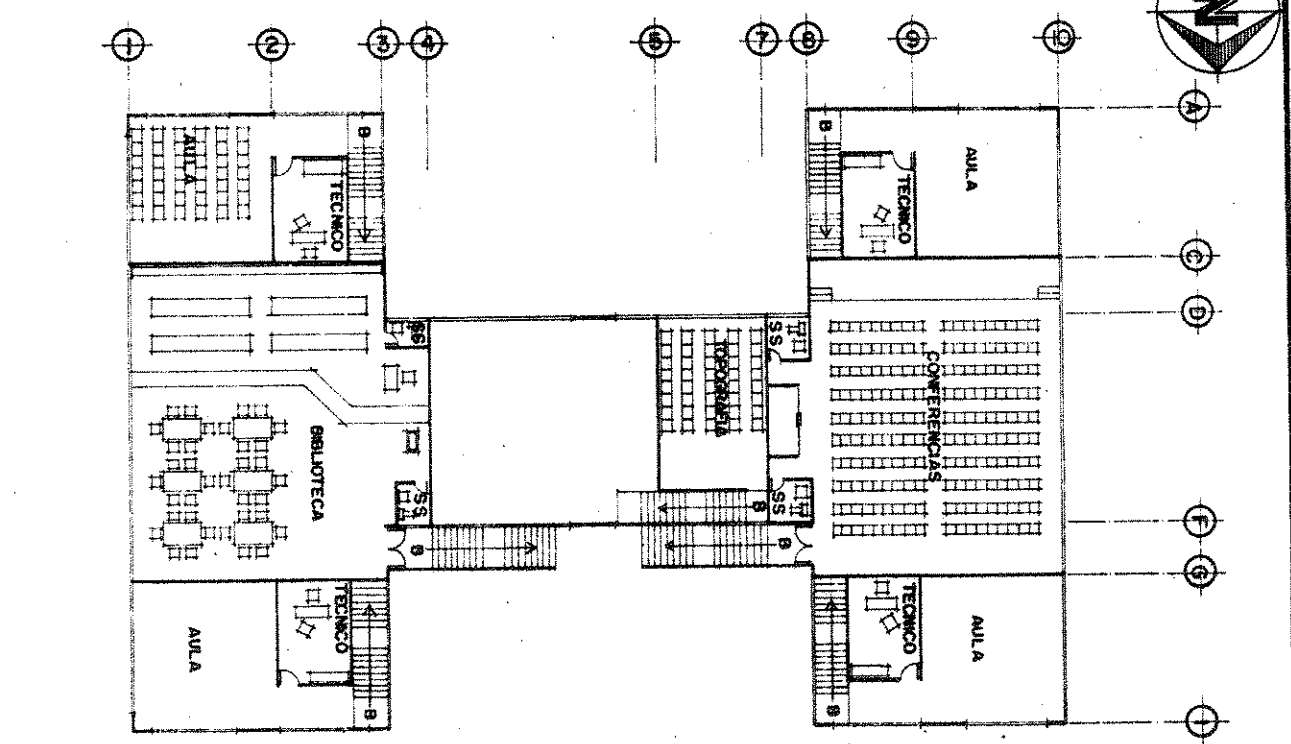
PLANTA ARQUITECTONICA
PRIMER NIVEL

ESCALA 1:250



PLANTA ARQUITECTONICA
SEGUNDO NIVEL

ESCALA 1:250



USAC

FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

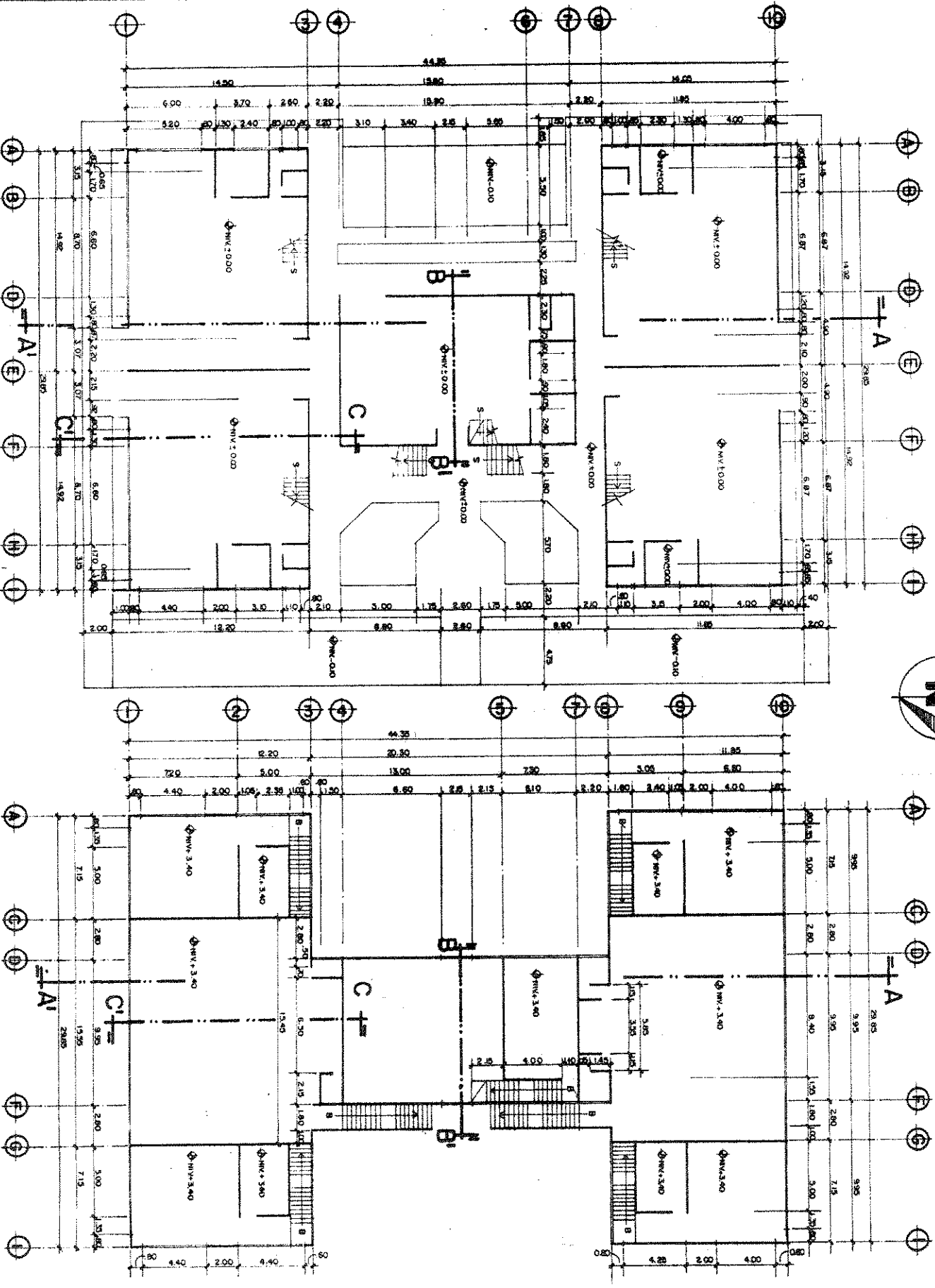
PROYECTO: AREA P/LAB ING. CUNOC.
NOMBRE: ELMAR RODAS

FIRMA SUPERVISOR:
FECHA: AGOSTO/96

ESCALA: INDICADA
HOJA N/ 1

PLANO DE COTAS

PLANO DE COTAS



USAC

FACULTAD DE:
INGENIERIA.
EJERCICIO:
PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO:
AREA P/LAB ING. CUNOC
NOMBRE:
ELMAR RODAS

FIRMA SUPERVISOR
FECHA:
AGOSTO/ 96

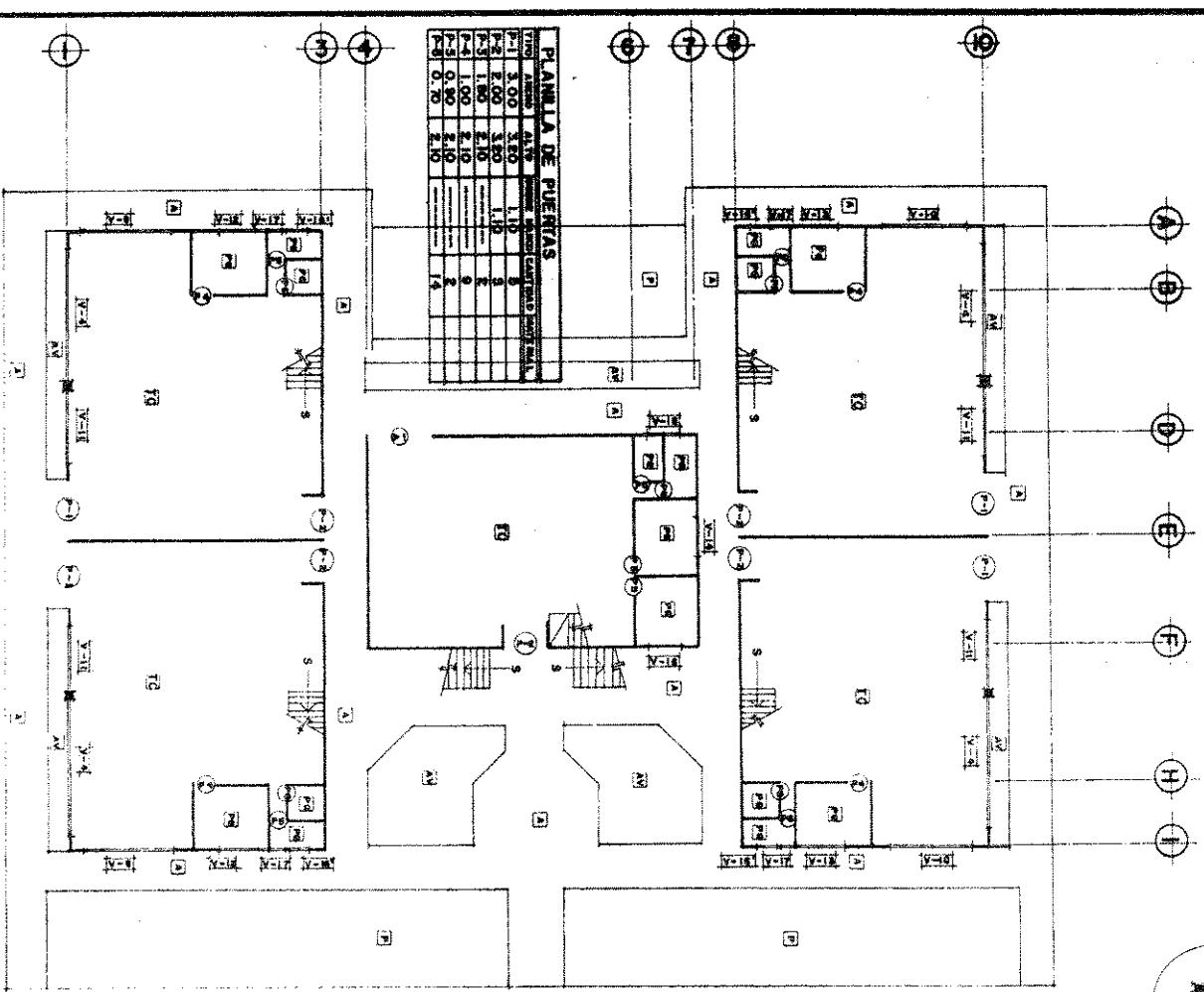
ESCALA:
1:250

HOJA N/
2

PLANTA DE ACABADOS

PRIMER NIVEL

ESCALA 1 : 250

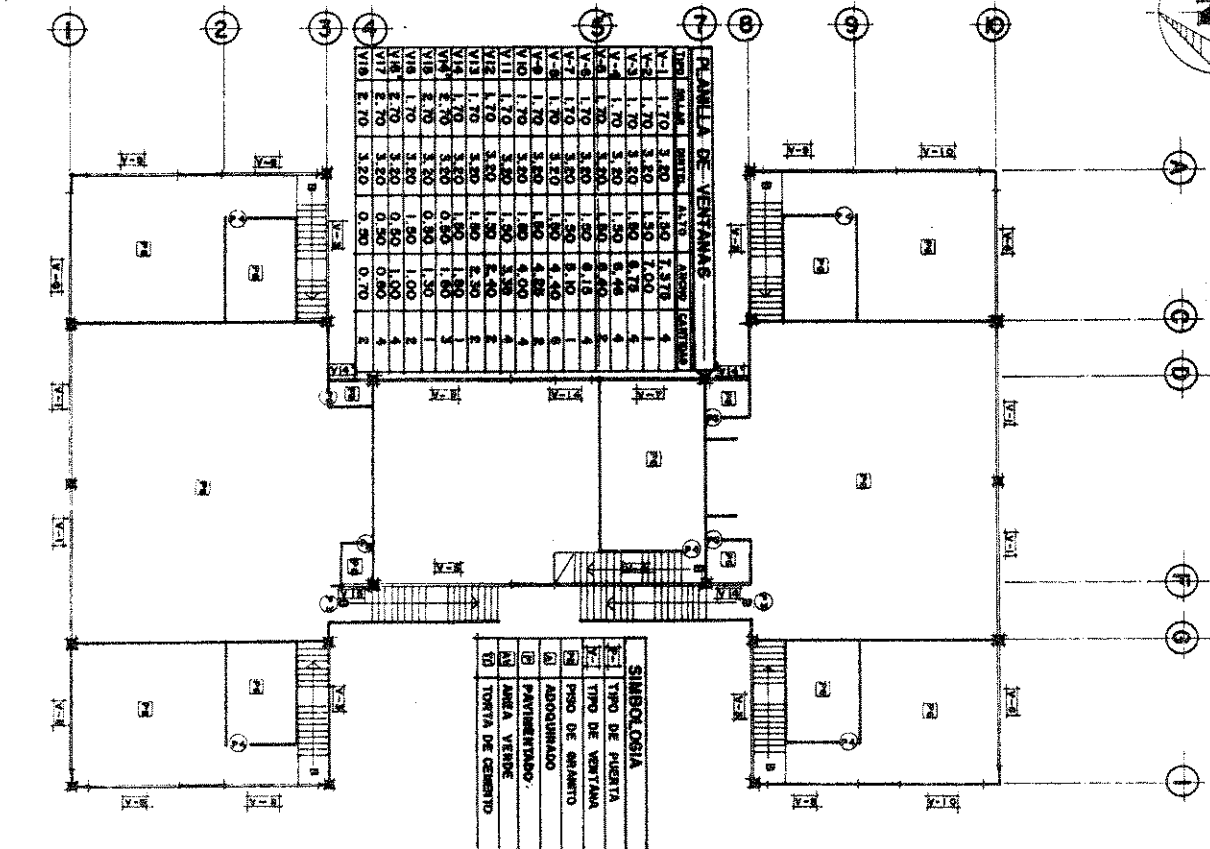


NO	ANCHO	ALTO	TIPO	ABRIGADO	ABRIGADO	ABRIGADO
P-1	3.00	3.00	1.10	1	1	1
P-2	3.00	3.00	1.10	1	1	1
P-3	1.00	2.10	1.10	1	1	1
P-4	1.00	2.10	1.10	1	1	1
P-5	0.90	2.10	1.10	1	1	1
P-6	0.90	2.10	1.10	1	1	1

PLANTA DE ACABADOS

SEGUNDO NIVEL

ESCALA 1 : 250



NO	ANCHO	ALTO	TIPO	ABRIGADO	ABRIGADO	ABRIGADO
V-1	1.70	3.30	1.50	1.375	1	1
V-2	1.70	3.30	1.50	1.00	1	1
V-3	1.70	3.30	1.50	6.75	1	1
V-4	1.70	3.30	1.50	6.48	1	1
V-5	1.70	3.30	1.50	8.40	1	1
V-6	1.70	3.30	1.50	9.15	1	1
V-7	1.70	3.30	1.50	8.40	1	1
V-8	1.70	3.30	1.50	4.40	1	1
V-9	1.70	3.30	1.50	4.80	1	1
V-10	1.70	3.30	1.50	3.90	1	1
V-11	1.70	3.30	1.50	2.90	1	1
V-12	1.70	3.30	1.50	2.90	1	1
V-13	1.70	3.30	1.50	2.90	1	1
V-14	1.70	3.30	1.50	1.90	1	1
V-15	1.70	3.30	1.50	1.90	1	1
V-16	1.70	3.30	1.50	1.90	1	1
V-17	1.70	3.30	1.50	1.00	1	1
V-18	1.70	3.30	1.50	1.00	1	1
V-19	1.70	3.30	1.50	0.70	1	1
V-20	1.70	3.30	1.50	0.70	1	1

1	TIPO DE PUERTA
2	TIPO DE VENTANA
3	ABRIGADO
4	ABRIGADO
5	ABRIGADO
6	ABRIGADO
7	ABRIGADO
8	ABRIGADO
9	ABRIGADO
10	ABRIGADO
11	ABRIGADO
12	ABRIGADO
13	ABRIGADO
14	ABRIGADO
15	ABRIGADO
16	ABRIGADO
17	ABRIGADO
18	ABRIGADO
19	ABRIGADO
20	ABRIGADO

USAC

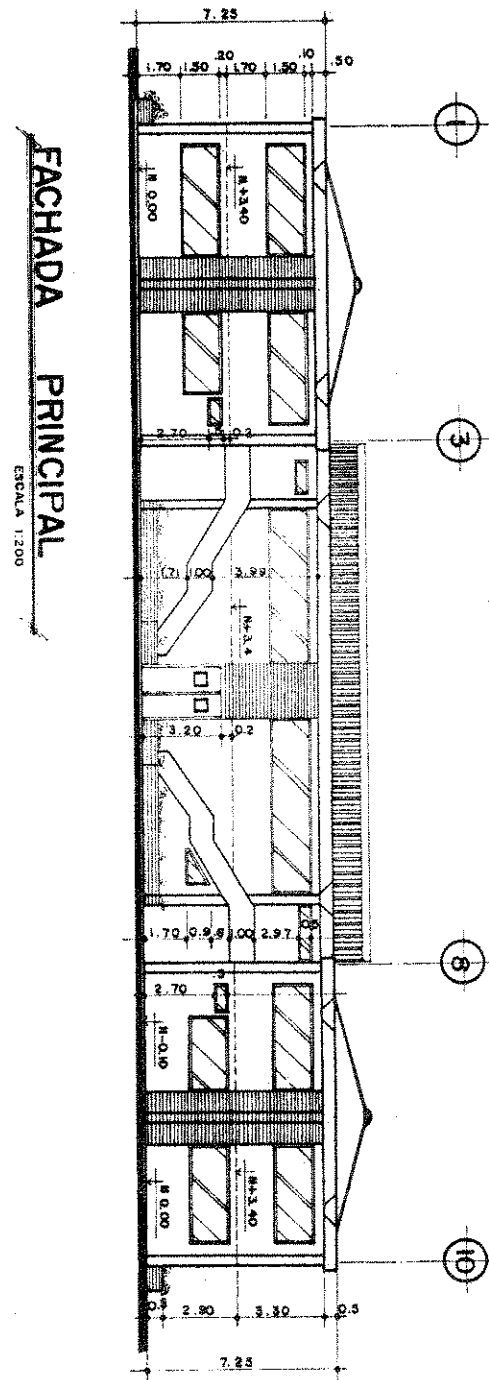
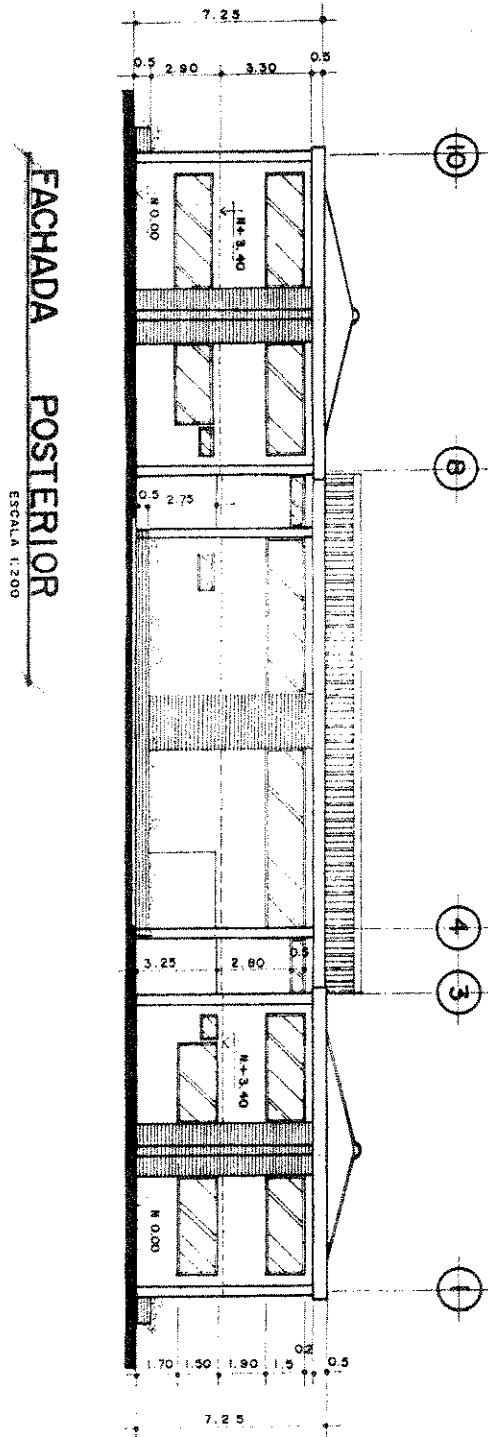
FACULTAD DE : INGENIERIA
 EJERCICIO: PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: AREA P/LAB. ING. CUNOC
 NOMBRE: ELMAR RODAS

FIRMA SUPERVISOR:
 FECHA: AGOSTO/ '96

ESCALA: INDICADA...

HOJA N/ 3



USAC

FACULTAD DE:
INGENIERIA
EJERCICIO:
PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO:
AREA P/LAB ING. CUNOC
NOMBRE:
ELMAR RODAS

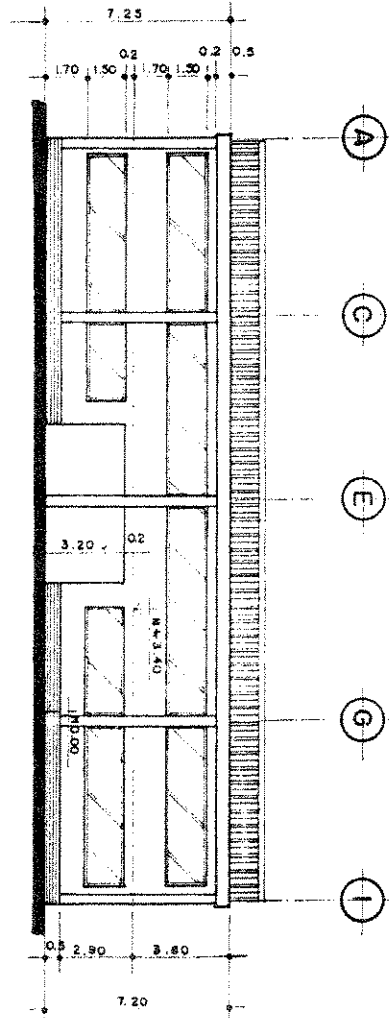
FIRMA SUPERVISOR:
FECHA:
AGOSTO/96

ESCALA:
1:200

HOJA N/
4

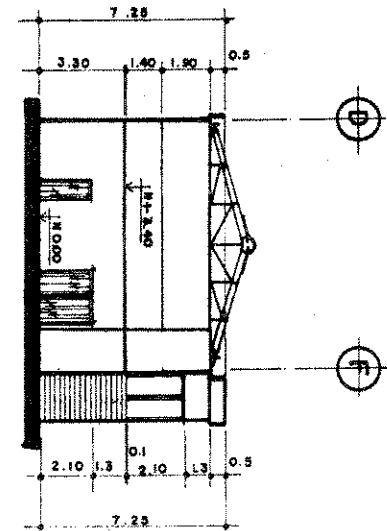
FACHADA LATERAL

ESCALA: 1:200



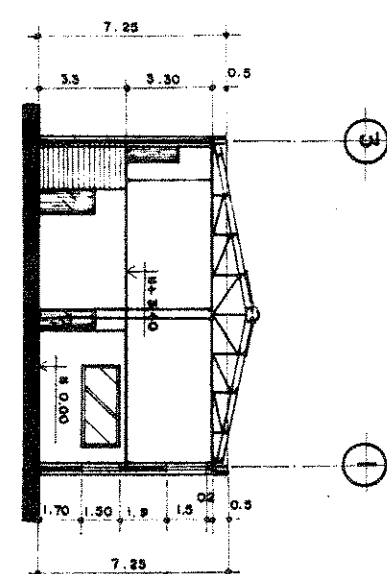
CORTE B B'

ESCALA: 1:200



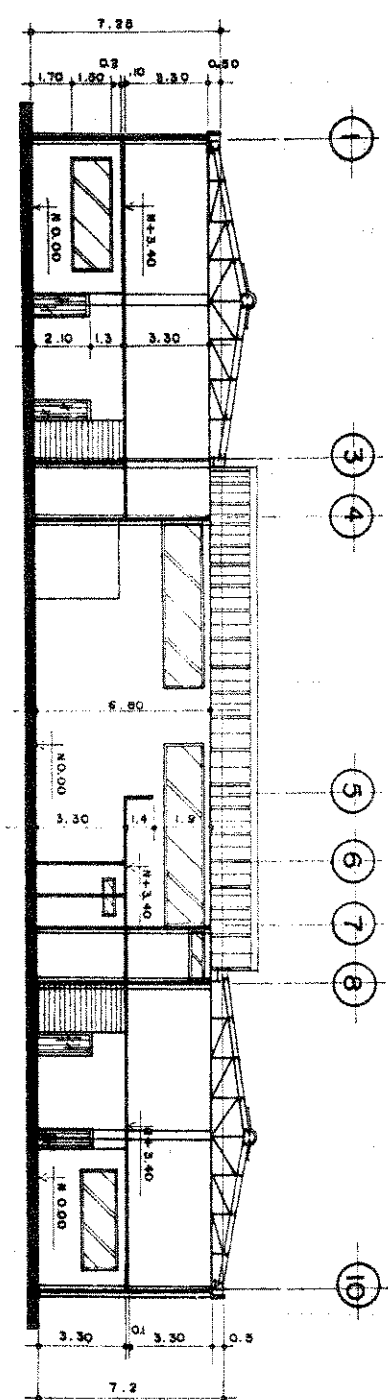
CORTE CC'

ESCALA: 1:200



CORTE A A'

ESCALA: 1:200



USAC

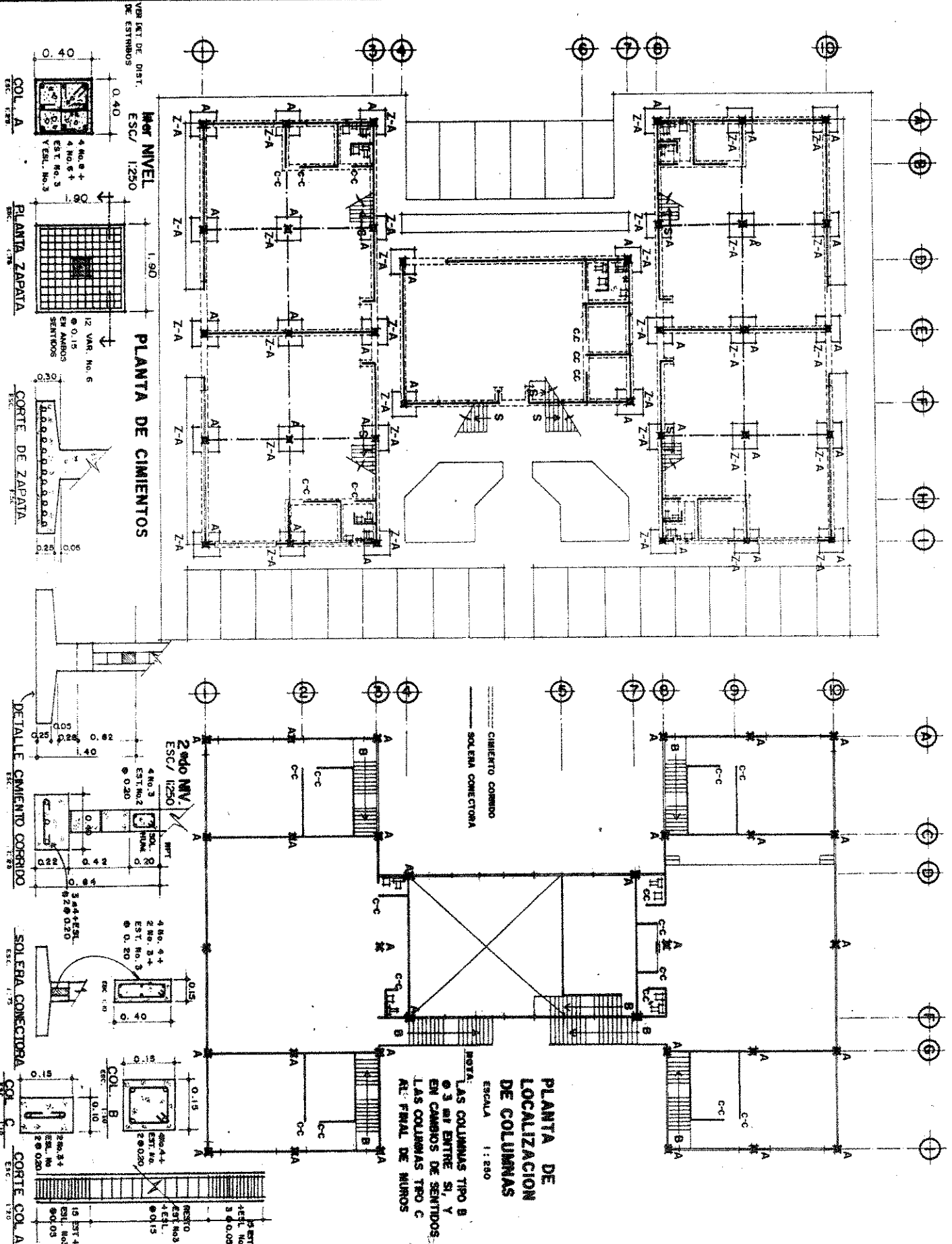
FACULTAD DE:
INGENIERIA
EJERCICIO:
PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO:
AREA P/LAB. ING. CUNOC
NOMBRE:
ELMAR RODAS

FIRMA SUPERVISOR:
FECHA:
AGOSTO/ 96

ESCALA:
1:200

HOJA N/
5



VER DET DE DIST.
DE ESTIMOS

PLANTA DE CIMENTOS
ESC/ 1:250

2do NIV.
ESC/ 1:250

PLANTA DE LOCALIZACION DE COLUMNAS
ESCALA 1:200

NOTA:
LAS COLUMNAS TIPO B @ 3 MT ENTRE SI, Y EN CAMBIOS DE SENTIDOS. LAS COLUMNAS TIPO C AL FINAL DE MUROS

USAC

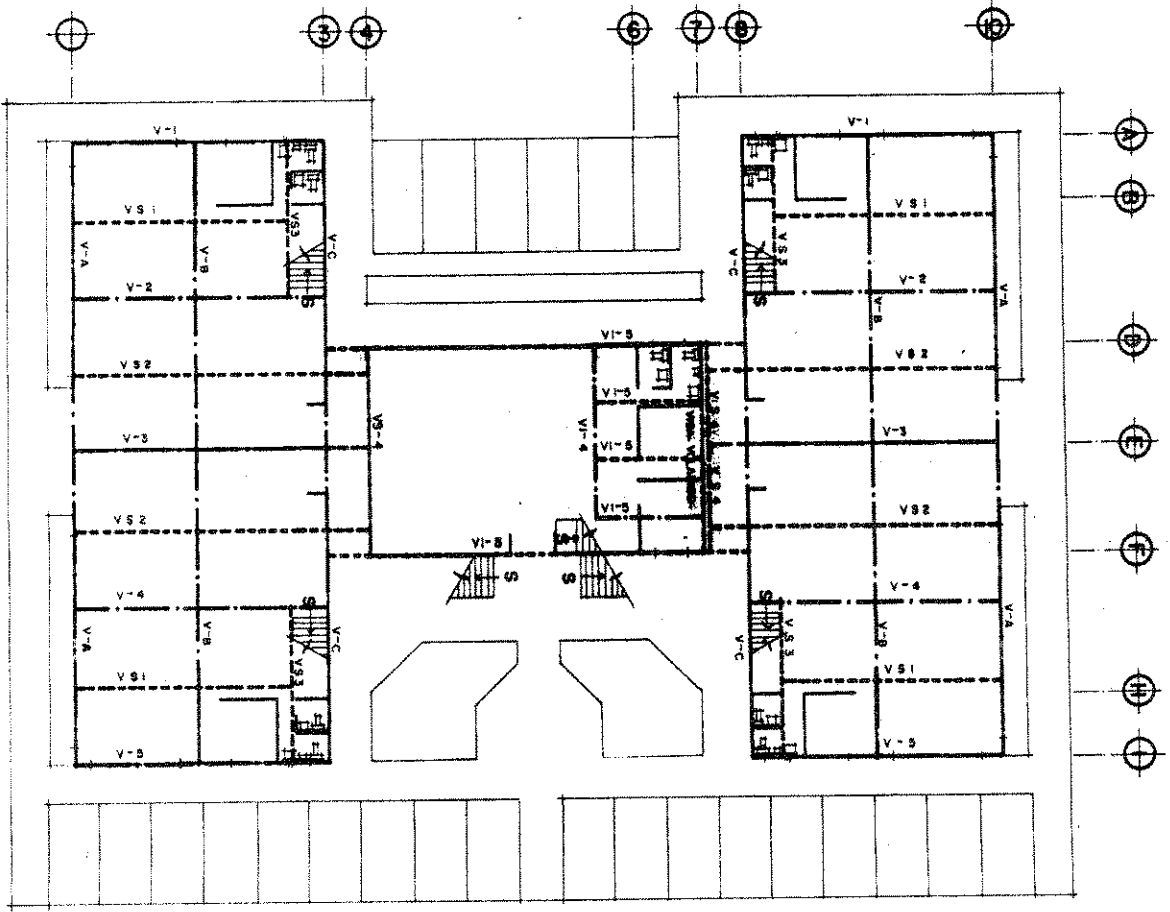
FACULTAD DE:
INGENIERIA
EJERCICIO:
PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO:
AREA P/LAB ING. CUNOC.
NOMBRE:
ELMAR RODAS-

FIRMA SUPERVISOR:
FECHA:
AGOSTO/96

ESCALA:
INDICADA

HOJA N/
6



PRIMER NIVEL:

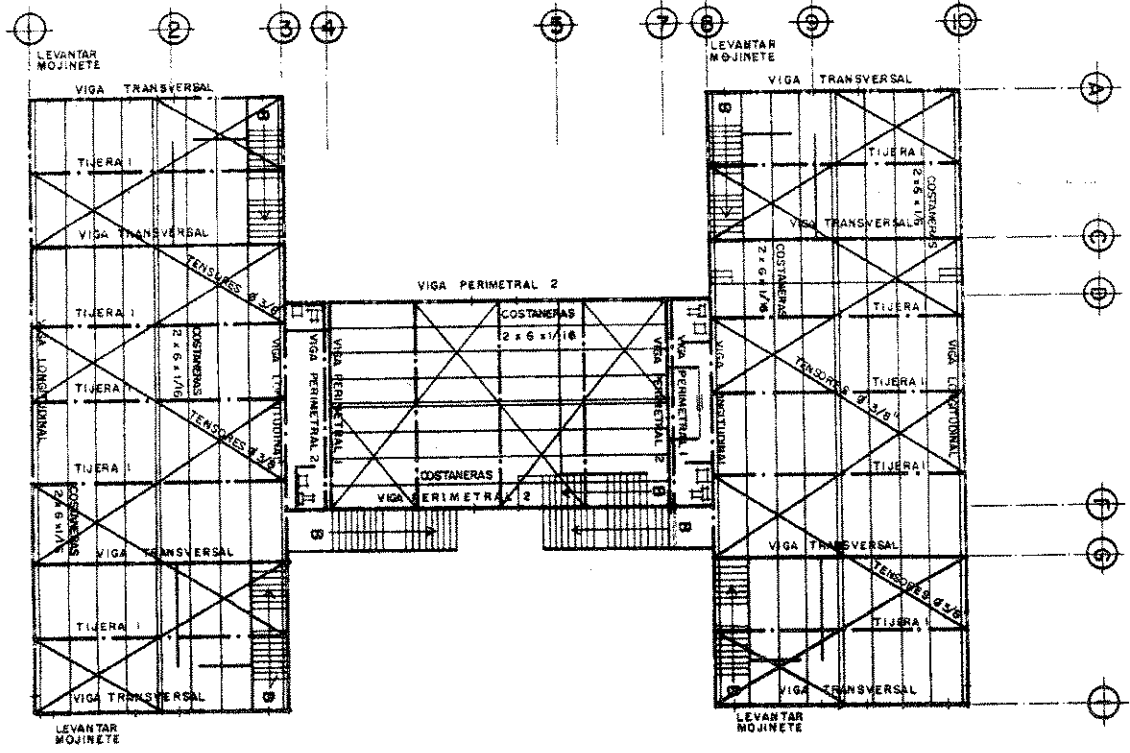
PLANTA DE LOSAS

NOTA:

- ARMADO DE LA LOSA.
- BASTONES L/4 Ø N. 4
- TENSIONES L/5 Ø N. 4
- RIEL Ø N. 4
- SEPARACION ENTRE HIERRO 0.15
- AMBOS SENTIDOS

ESC/

1:250



SEGUNDO NIVEL:

USAC

FACULTAD DE:
INGENIERIA
EJERCICIO:
PROFESIONAL SUPERVISADO

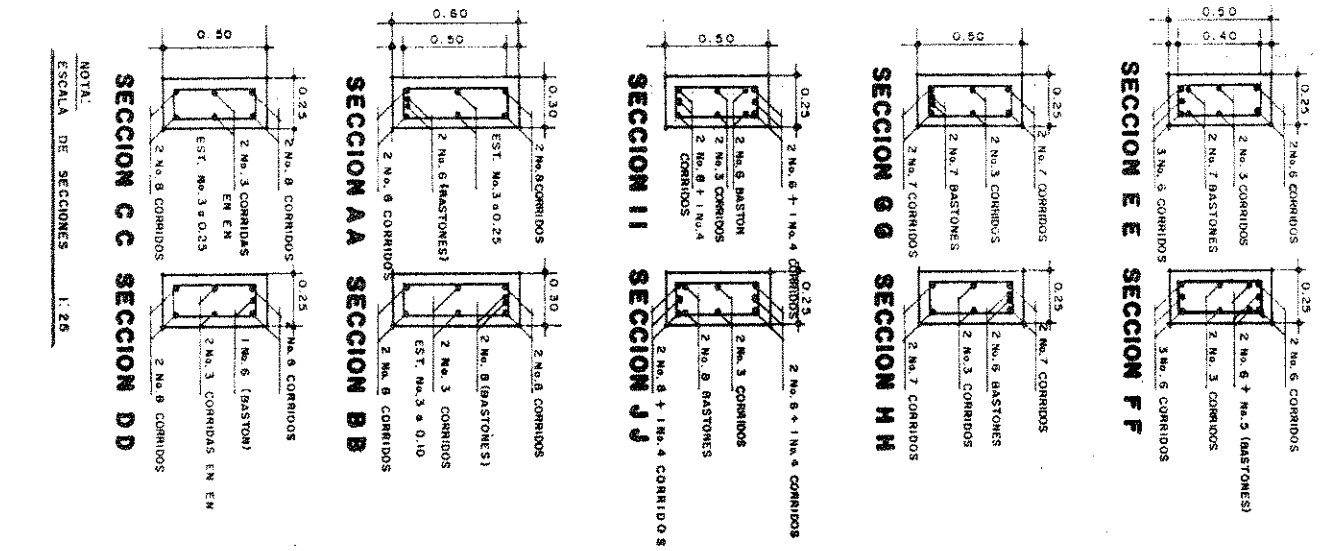
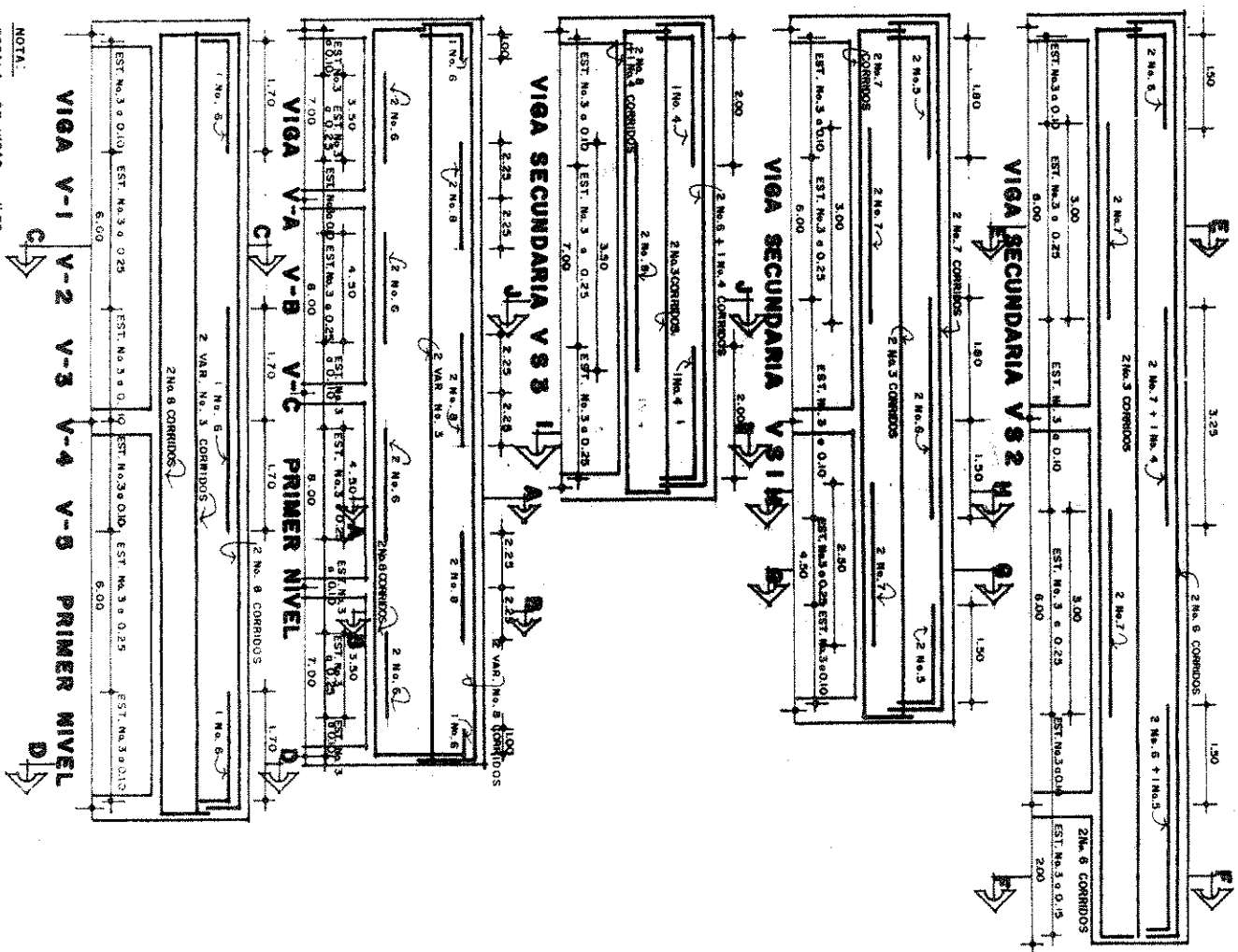
PROYECTO:
AREA P/LAB ING. CUNOC
NOMBRE:
ELMAR RODAS

FIRMA SUPERVISOR:

FECHA:
AGOSTO/ 96

ESCALA:
1:250

HOJA N/
7



NOTA:
 ESCALA DE VIGAS 1:75
 ESCALA VERTICAL 1:25

NOTA:
 ESCALA DE SECCIONES 1:25

USAC

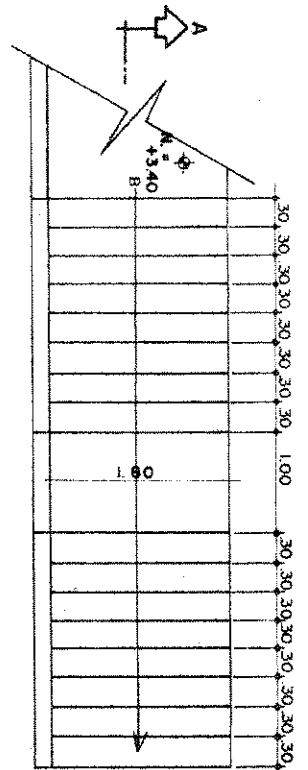
FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: AREA P/LAB ING. CUNOC
 NOMBRE: ELMAR RODAS.

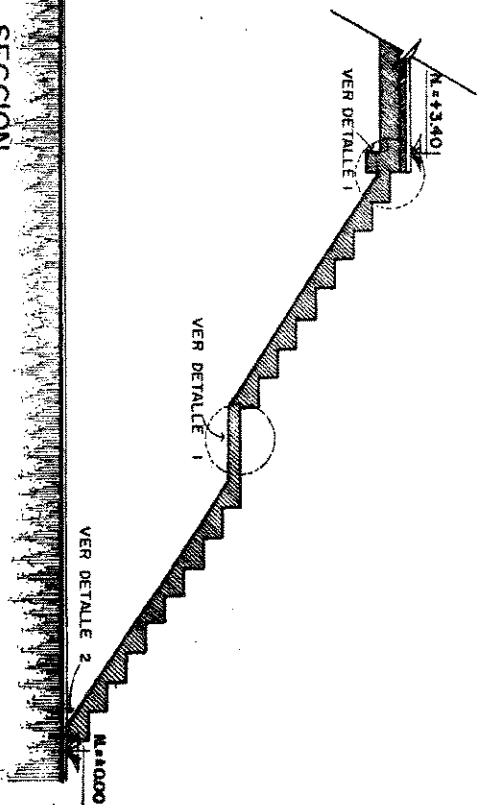
FIRMA SUPERVISOR:
 FECHA: AGOSTO/ 96

ESCALA: INDICADA

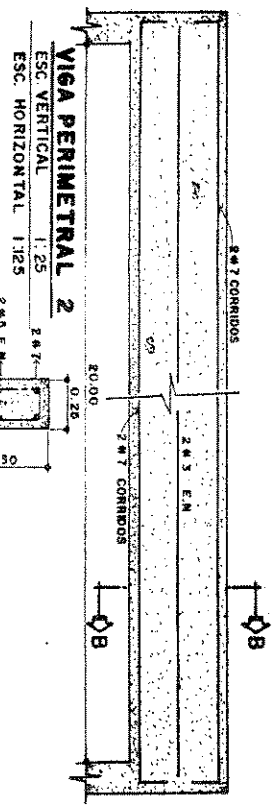
HOJA N/ **8**



PLANTA
ESC/ 1:50

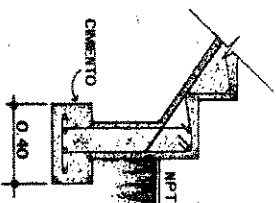


SECCION
ESC/ 1:50

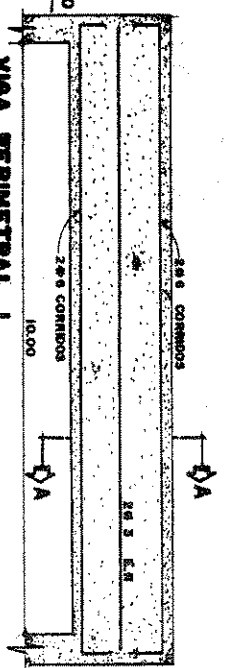


VIGA PERIMETRAL 2
ESC. VERTICAL 1:25
ESC. HORIZONTAL 1:25

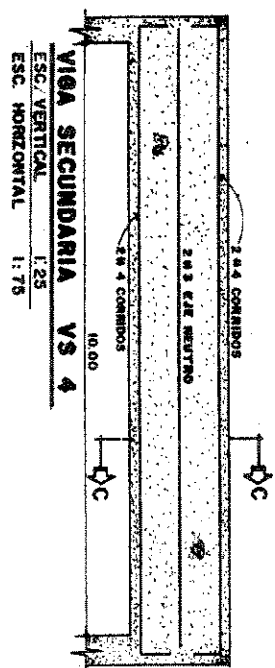
SECCION B-B ESC/ 1:25



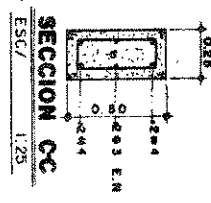
DETALLE 2
ESC/ 1:25



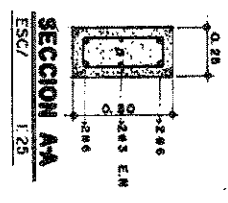
VIGA PERIMETRAL 1
ESC. VERTICAL 1:25
ESC. HORIZONTAL 1:75



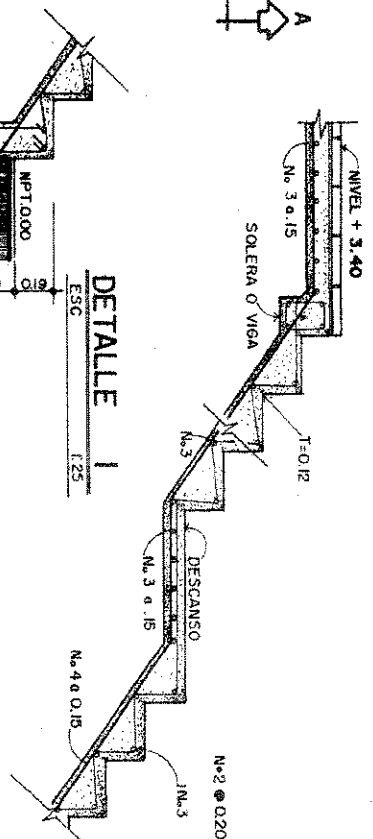
VIGA SECUNDARIA VS 4
ESC. VERTICAL 1:25
ESC. HORIZONTAL 1:75



SECCION CC
ESC/ 1:25

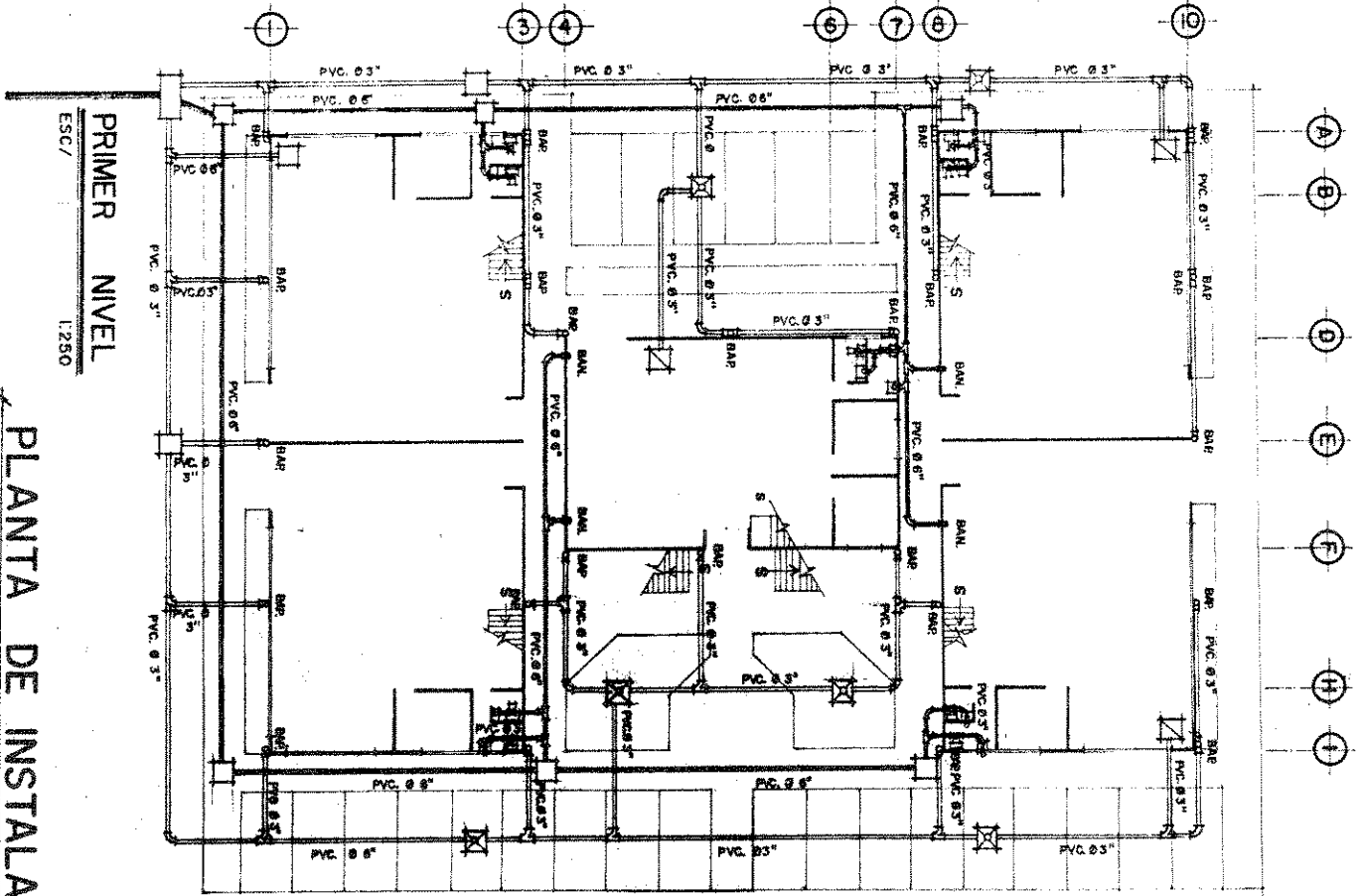


SECCION AA
ESC/ 1:25



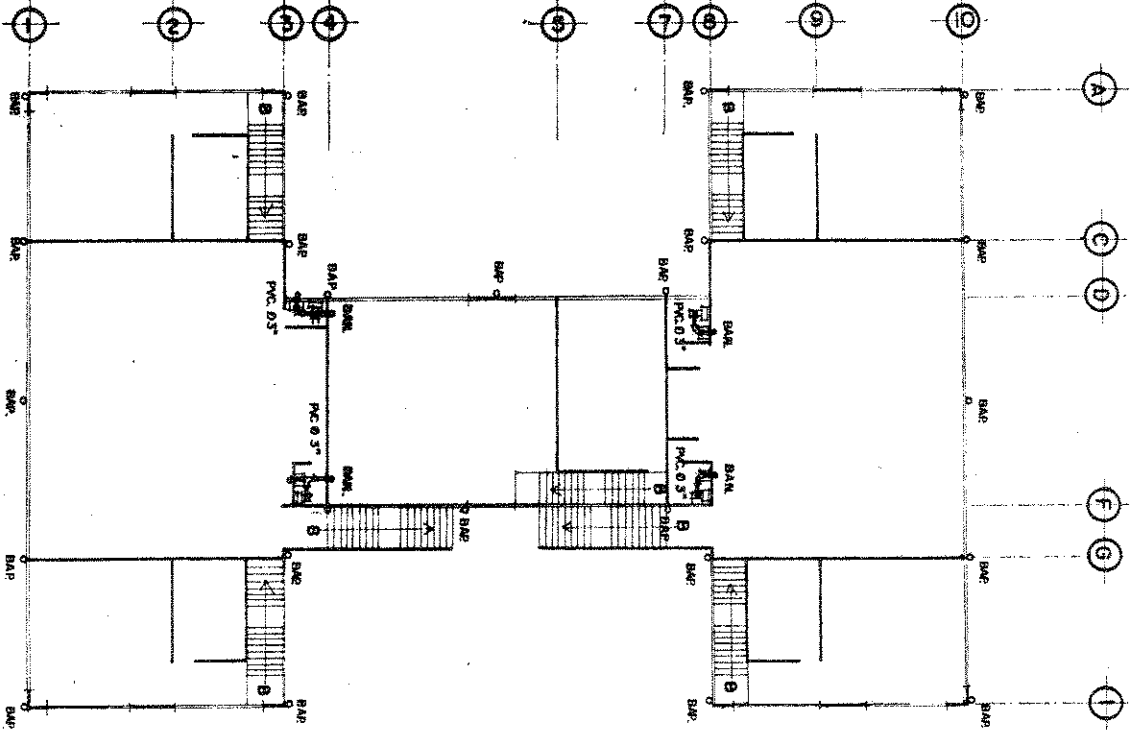
DETALLE 1
ESC 1:25

USAC	FACULTAD DE: INGENIERIA.	PROYECTO: AREA P/LAB ING. CUNOC	FIRMA SUPERVISOR.	HOJA N/ 10
	EJERCICIO: PROFESIONAL SUPERVISADO	NOMBRE: ELMAR RODAS	FECHA: AGOSTO/ 96	ESCALA: INDICADA.



PRIMER NIVEL
 ESC/ 1:250

PLANTA DE INSTALACION SANITARIA



SEGUNDO NIVEL
 ESC/ 1:250

USAC

FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO: PROFESIONAL SUPERVISADO

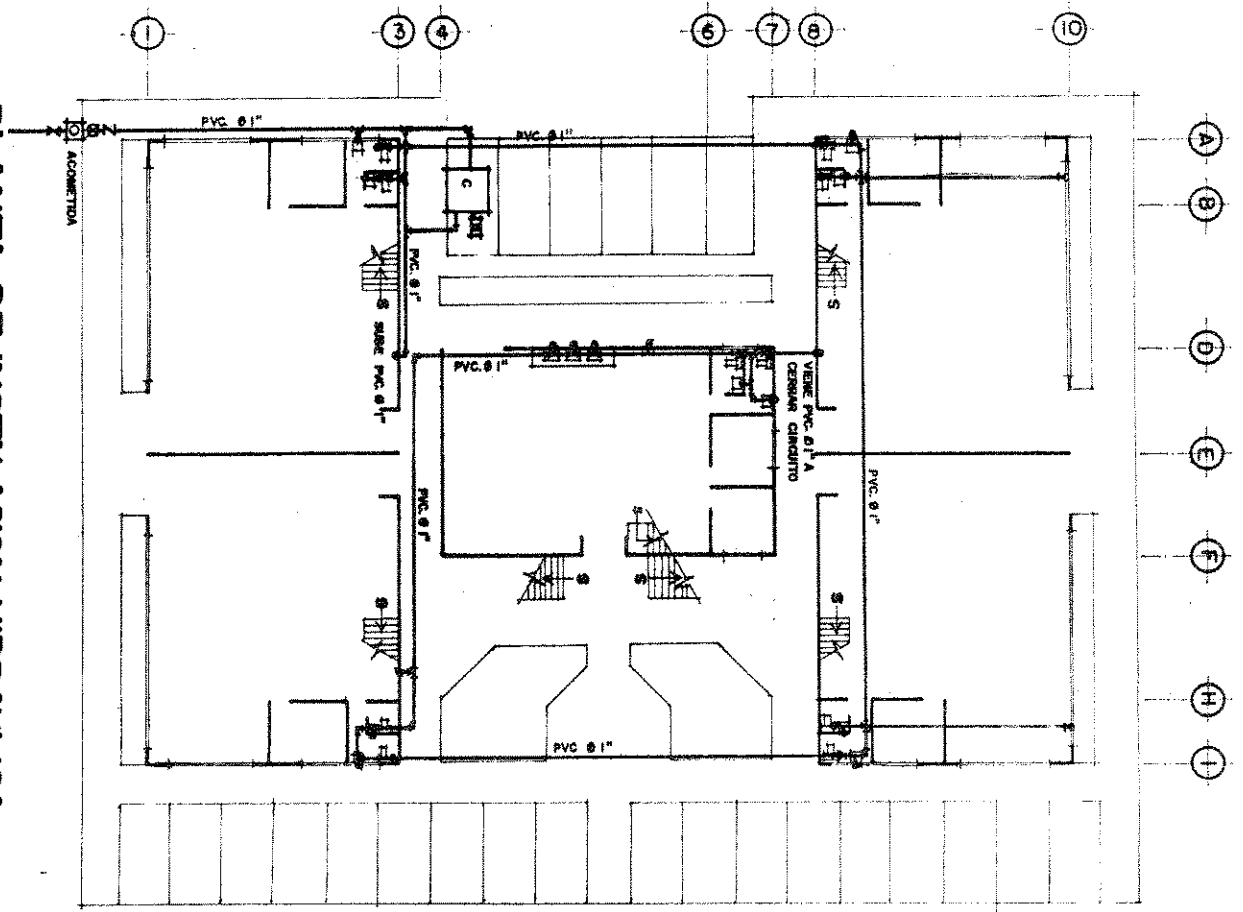
PROYECTO: AREA P/LAB ING. CUNOC
 NOMBRE: ELMAR RODAS.

FIRMA SUPERVISOR
 FECHA: AGOSTO/96

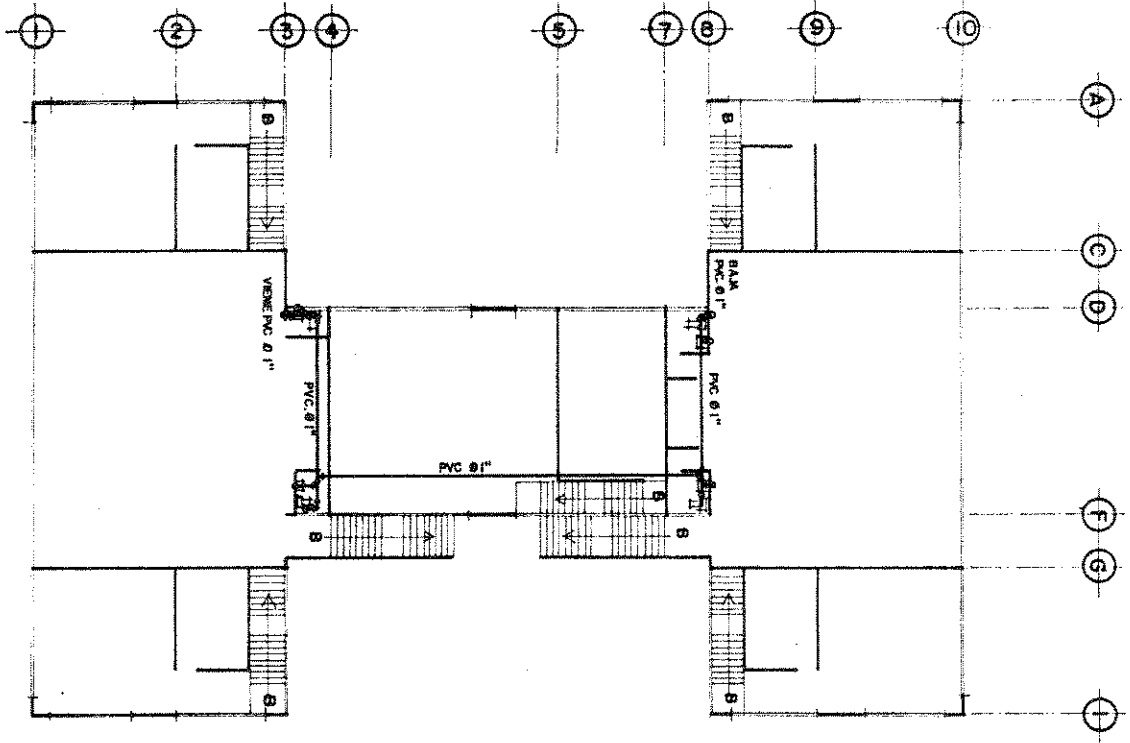
ESCALA: 1:250

HOJA N/
 II

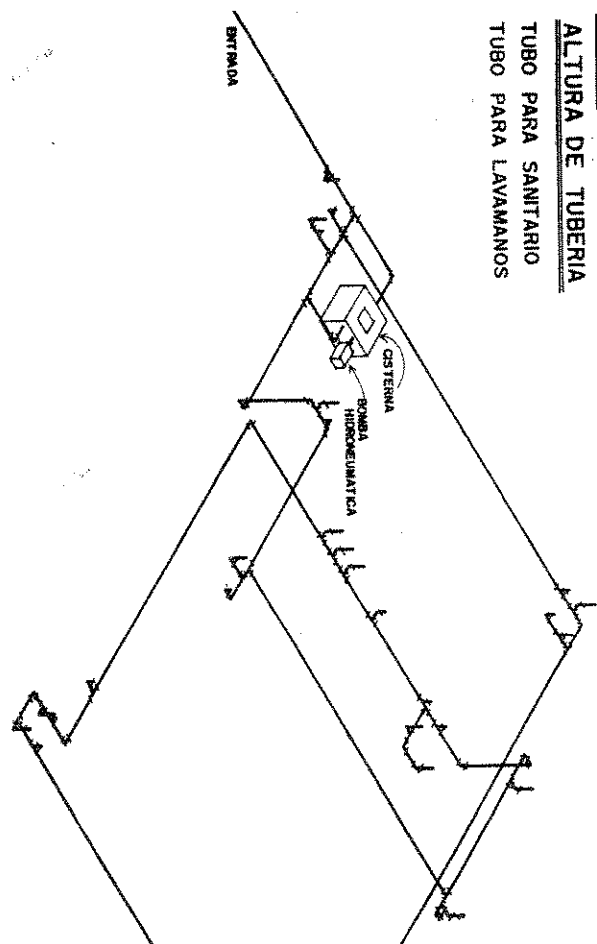
PLANTA DE INSTALACION HIDRAULICA
PRIMER NIVEL
 ESCALA 1:250



PLANTA DE INSTALACION HIDRAULICA
SEGUNDO NIVEL
 ESCALA 1:250



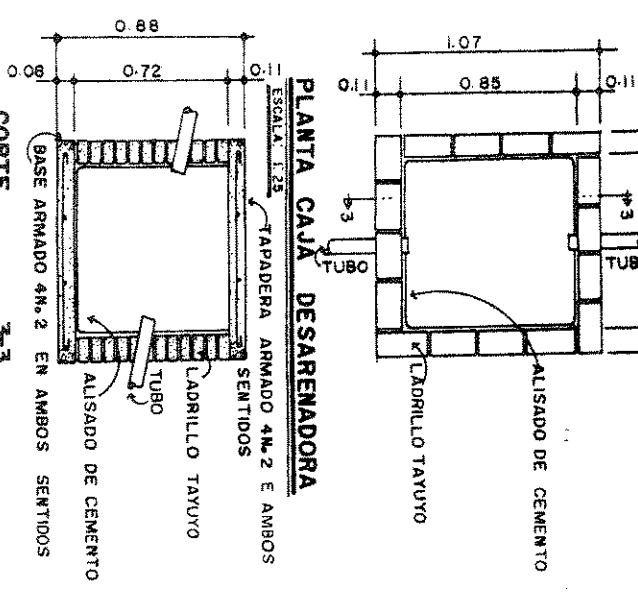
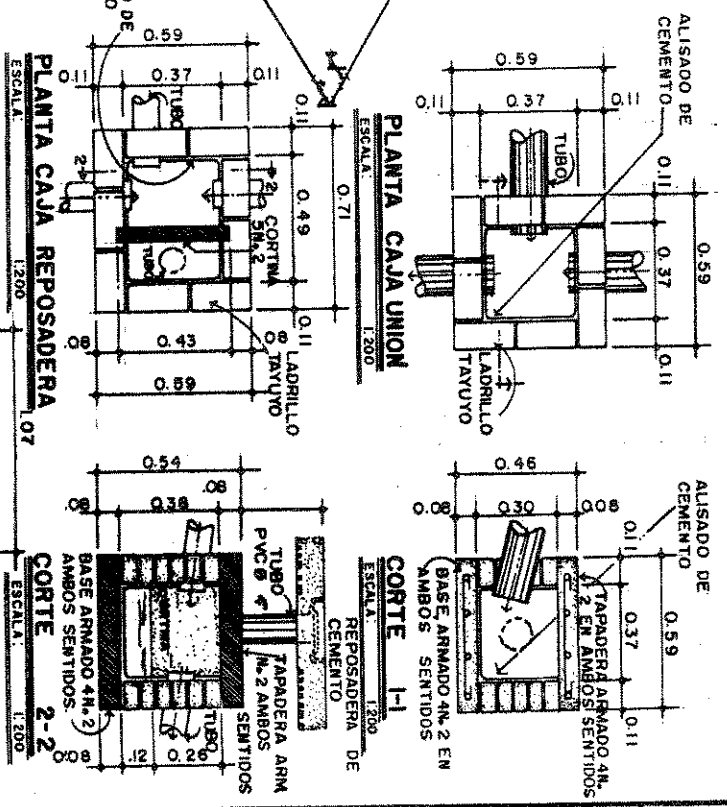
NOTA:
ALTIMETRIA DE TUBERIA
 TUBO PARA SANITARIO
 TUBO PARA LAVAMANOS

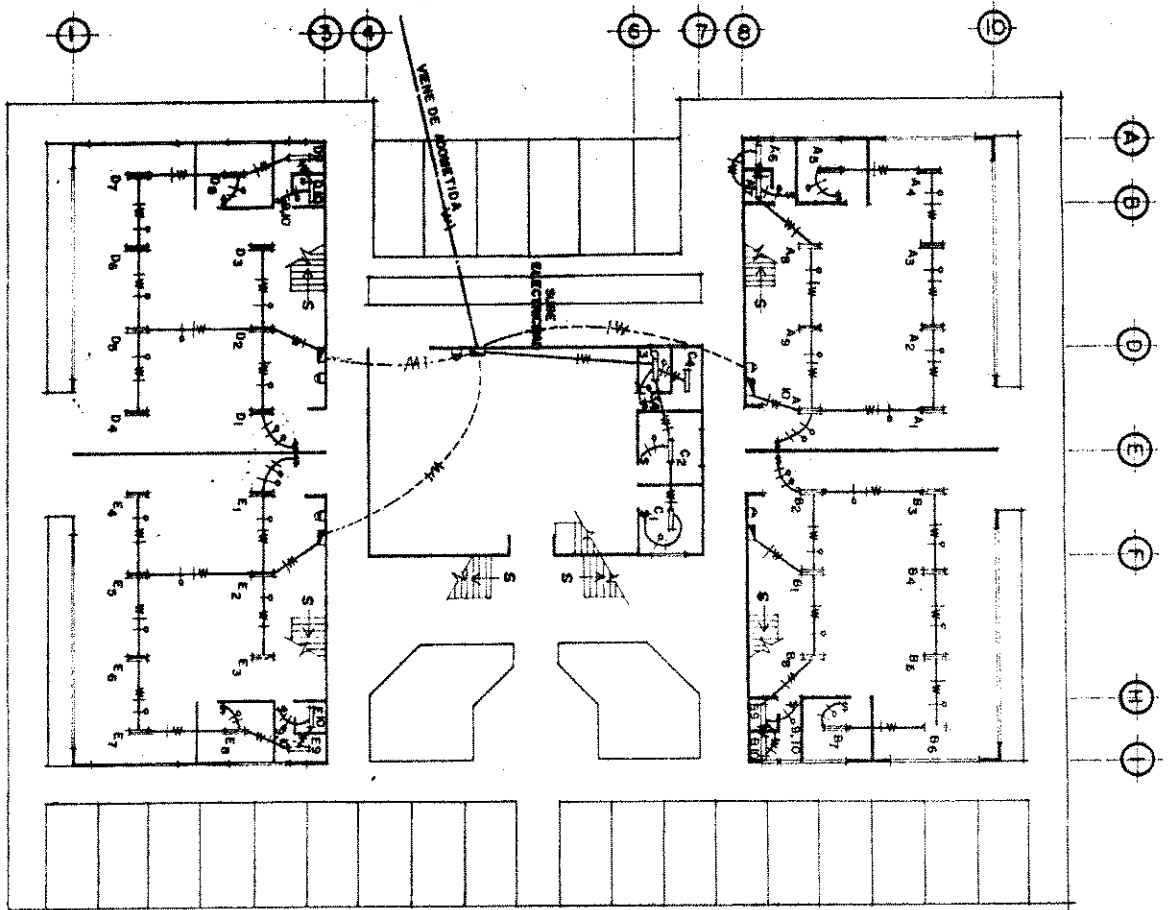


ISOMETRICO TUBERIA DE INSTALACION HIDRAULICA,
 ESCALA: 1:250

SIMBOLOGIA DE PLOMERIA	
	LLAVE DE CHEQUE
	LLAVE DE PASO
	CONTADOR
	LLAVE DE COMPUERTA
	TUBERIA PVC. Ø 1"
	CODO HORIZONTAL
	CODO VERTICAL
	CRUZ
	TEE HORIZONTAL
	TEE VERTICAL
	CISTERNA
	BOMBA HIDRONEUMATICA

SIMBOLOGIA DE DRENAJES	
	CAJA DE ENTRONQUE GENERAL
	CAJA UNION
	CAJA DESARENADORA
	CAJA REPOSADERA
	TUBERIA PVC. PARA AGUAS NEGRAS
	TUBERIA PVC. PARA AGUAS PLUVIALES
	TEE SANITARIA HORIZONTAL
	TEE SANITARIA VERTICAL
	CODO VERTICAL
	BAJADA DE AGUA PLUVIAL BAP. PVC. Ø 3"
	BAJADA DE AGUAS NEGRAS BAW. PVC. Ø 3"
	DIRECCION DE LA PENDIENTE

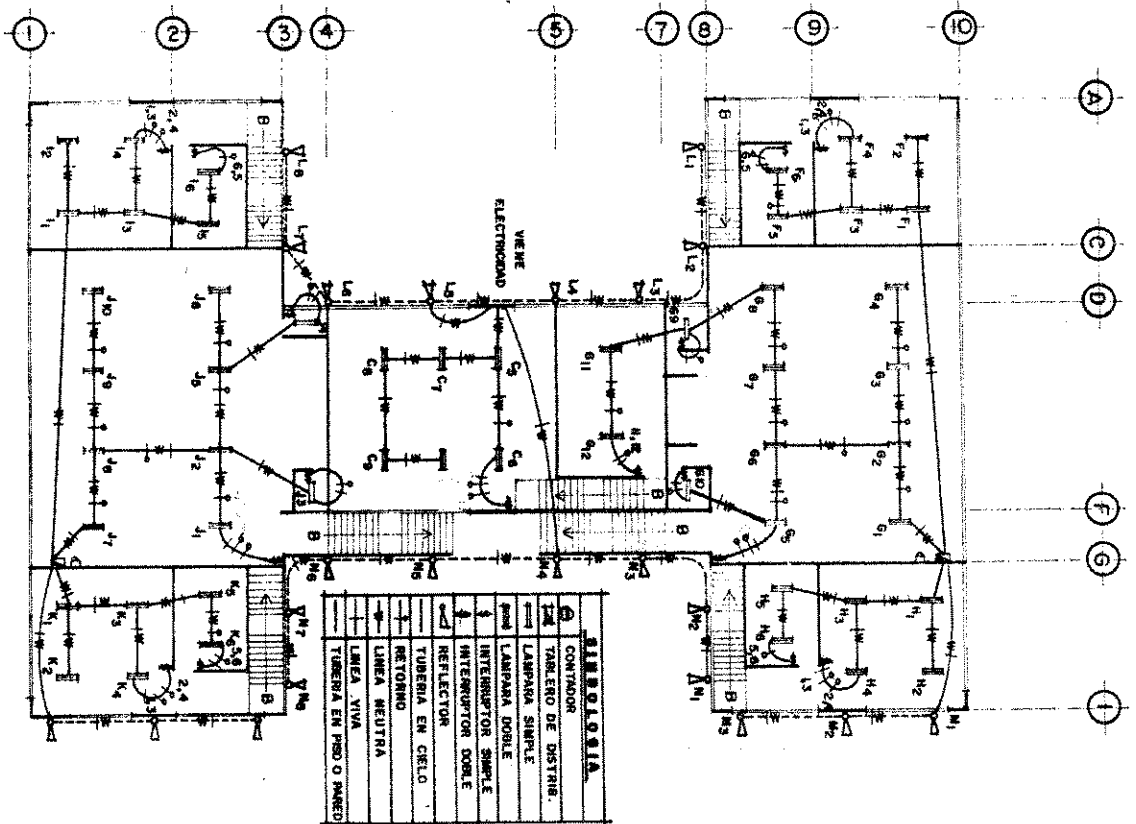




PLANTA DE ILUMINACION

PRIMER NIVEL

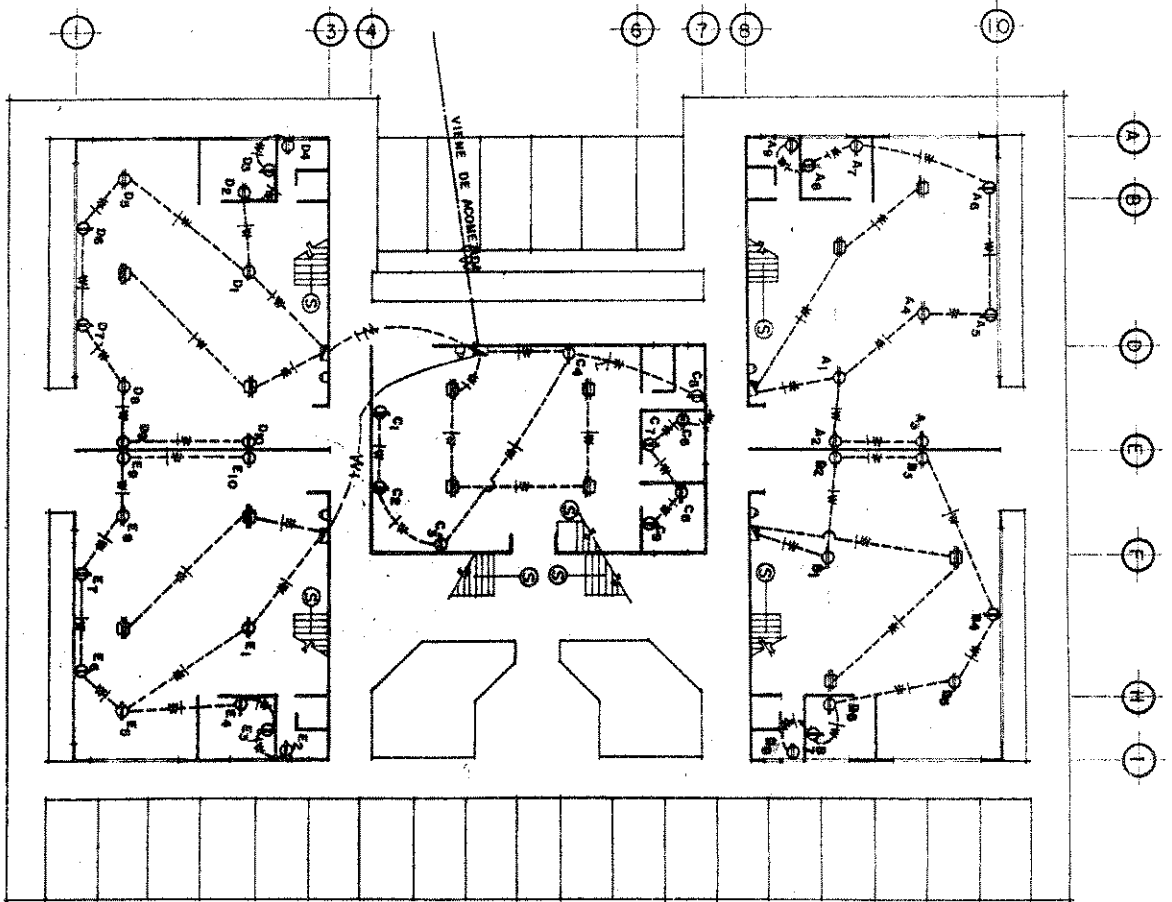
ESCALA 1:250



PLANTA DE ILUMINACION

SEGUNDO NIVEL

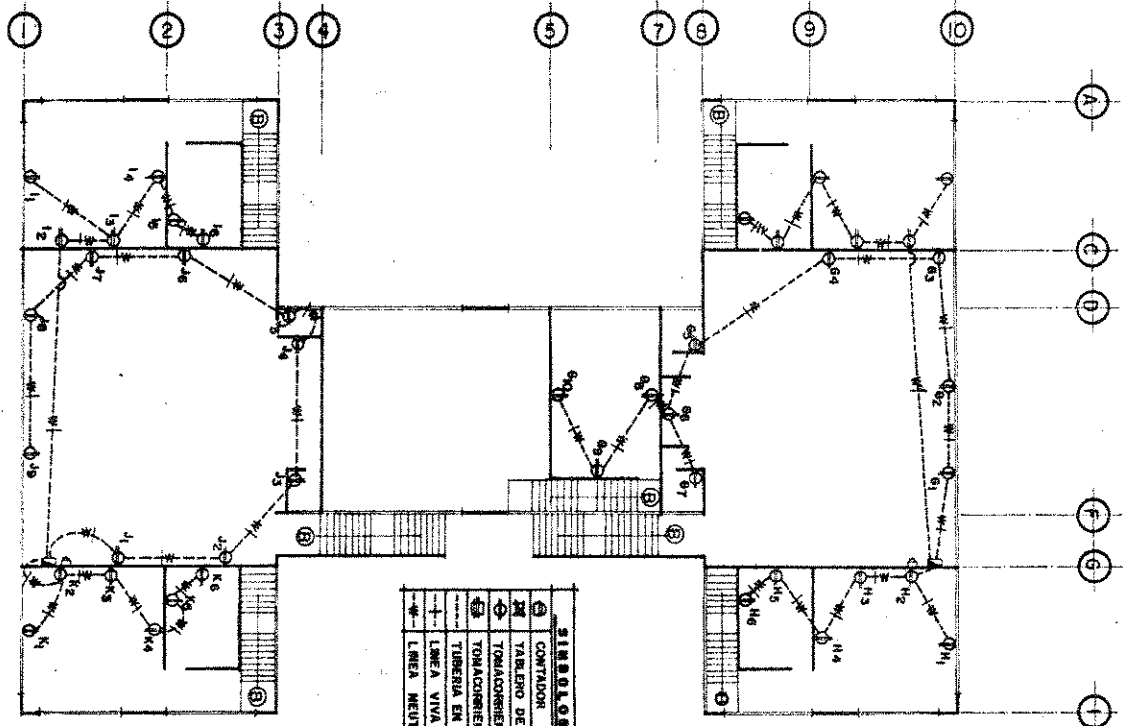
ESCALA 1:250



PLANTA DE FUERZA

PRIMER NIVEL

ESCALA 1 : 250



PLANTA DE FUERZA

SEGUNDO NIVEL

ESCALA 1 : 250

SIMBOLÓGIA	
⊙	CONTADOR
⊕	TABlero DE DISTRIB.
⊖	TOMADOR ENTE. NO. X.
⊗	TOMADOR ENTE. ENO. X.
⊘	TUBERIA EN PISO O PARED
+	LINEA VIVA
-	LINEA NEUTRA