

**COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD
CENTRAL HIDROELÉCTRICA BELISARIO DOMÍNGUEZ.**

INGENIERÍA MECÁNICA

PROYECTO:

RESIDENCIA PROFESIONAL

**CALCULO DE LA CAPACIDAD DE BOMBEO DEL SISTEMA DE
ACHIQUE DEL CÁRCAMO DE LA CASA DE MAQUINAS DE LA C. H.
BELISARIO DOMÍNGUEZ (CFE).**

**PRESENTA:
GÓMEZ ESQUINCA LUIS ÁNGEL**

NUMERO DE CONTROL:

08270167

ASESOR EXTERNO:

ING. VÍCTOR ANTONIO FERNÁNDEZ NÁJERA

ASESOR INTERNO:

ING. FERNANDO ALFONSO MAY ARRIOJA

REVISORES:

ING. MARIO TOLEDO MARTÍNEZ

ING. HERNÁN VALENCIA SÁNCHEZ

PERIODO AGOSTO-DICIEMBRE 2012



INDICE

1.1 BREVE RESEÑA HISTORIA DE CFE.....	1
1.2 Hidrología.....	3
1.3 Geología.....	5
1.4 Cortina.....	6
1.5 Vertedores.....	8
1.6 Nombre de la central hidroeléctrica.....	9
1.7 Desaguaderos.....	10
1.8 Obra de toma.....	11
1.9 Casa de maquinas.....	12
2.1 INTRODUCCIÓN.....	13
3.1 JUSTIFICACIÓN.....	14
4.1 OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS.....	15
4.2 Objetivos generales.....	15
4.3 Objetivos específicos.....	15
5.1 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO.....	16
5.2 Departamento mecánico.....	16
5.3 Mantenimiento rutinario.....	22
5.4 Mantenimiento menor.....	22
5.5 Mantenimiento mayor.....	22
6.1 PROBLEMAS A RESOLVER.....	23
7.1 ALCANCES Y LIMITACIONES.....	24
7.2 Alcances.....	24



7.3 Limitaciones.....	25
8.1 FUNDAMENTO TEÓRICO.....	26
8.2 Turbina Francis vertical.....	26
8.3 Caja espiral.....	27
8.4 Pre-distribuidor.....	28
8.5 Distribuidor.....	28
8.6 Rodete.....	29
8.7 Tubo de desfogue.....	30
8.8 fleca de la turbina.....	30
8.9 Sello de la flecha.....	31
8.2.0 Servomotores.....	31
8.2.1 Chumacera guía de la turbina.....	32
8.2.2 Chumacera de carga y alimentación de aceite.....	33
8.2.3 Sistema de extracción de vapores de aceite en los depósitos de chumaceras	34
8.2.4 Fugas de aceite de la turbina.....	35
8.2.5 Generador.....	36
8.2.6 Sistema de achique.....	37
8.2.7 Primera etapa.....	37
8.2 8 Segunda etapa.....	37
9.1 PROCEDIMIENTO PARA VACIADO DE LA TUBERÍA DE PRESIÓN, ACHIQUE Y CALAFATEO DE COMPUERTAS.....	38
10.1 PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIONES DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS.....	44



11.1 CALCULO DEL VOLUMEN TOTAL DEL CÁRCAMO DEL SISTEMA DE ACHIQUE DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA BELISARIO DOMÍNGUEZ.....	45
12.1 ANEXOS.....	74
13.1 CONCLUSIÓN.....	82
14.1 BIBLIOGRAFÍA.....	83



BREVE RESEÑA HISTÓRICA DE CFE

La central lleva el nombre del Dr. Belisario Domínguez quien vivió de 1863-1913, nacido en Comitán Chiapas. Médico cirujano de profesión, fue presidente municipal de esta población y posteriormente senador por su estado natal. Se manifestó como acérrimo opositor de Victoriano Huerta, difundió un texto que atacaba fuertemente a Huerta, quien al enterarse del hecho, lo mandó asesinar en el cementerio de Coyoacán. El senado de la republica tiene instituida la medalla Belisario Domínguez para premiar el valor civil.

El 29 de diciembre de 1933, el Congreso de la Unión autoriza al ejecutivo federal, mediante decreto publicado en el diario oficial del 20 de enero de 1934 para construir la **Comisión Federal de Electricidad (C.F.E)**, que tendría como objeto organizar y dirigir un sistema nacional de generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica.

Sin embargo, fue el 14 de agosto de 1937 cuando el presidente de la república Lázaro Cárdenas, expide en Mérida Yucatán, la ley que creó a la Comisión Federal de Electricidad, haciendo uso de las facultades que le concedió el Congreso de la Unión en materia de industria eléctrica.

En la figura 1, se muestra cual fue el logotipo oficial de la empresa desde entonces, representando los tres grandes objetivos, generar, transmitir y distribuir la electricidad para el progreso de México.



Figura 1.- El logo de la CFE, Un generador y las torres de Transmisión distribución.



El 15 de diciembre de 1968, durante una mesa redonda con las autoridades y sectores populares de Chiapas, el director de la CFE declaró: “El señor Presidente Díaz Ordaz autorizó a la CFE, llevar adelante los trabajos de este extraordinario proyecto que es la construcción de la Central Hidroeléctrica La Angostura, pensando que es una forma de vigorizar el desarrollo de Chiapas”.

Basándose en los principios técnicos y económicos, sin propósito de lucro y con la finalidad de obtener a un costo mínimo, el mayor rendimiento posible en beneficio de los intereses generales.

HIDROLOGÍA

La cuenca que alimenta el embalse de la Angostura está limitada por una serie de contrafuertes que la separan de la cuenca del río Usumacinta, formado por las sierras de Independencia y San Cristóbal; entre estos contrafuertes y la sierra madre del sur está alojado el altiplano chiapaneco. En la región son frecuentes los ciclones tropicales que descargan intensas lluvias generadoras de avenidas extraordinarias en los ríos Grijalva y Usumacinta, las cuales afectan principalmente a la zona costera.

Los principales datos hidrológicos son:

Área de la cuenca	18 099 km ²
Longitud del embalse	100 km.
Elevación máxima del parte aguas	3 200 m.
Elevación media de la cuenca	1 100 a 1 300m.
Elevación mínima de la cuenca	413.00 m.
Precipitación media anual	1 379 mm.
Escurrencimiento medio anual	9.7 x10 ⁹ m ³ .
Escurrencimiento mínimo registrado	59 m ³ /seg.
Avenidas registradas	3 820 m ³ /seg.
Avenidas diseño para el desvío	5 000 m ³ /seg.
Avenida máxima extraordinaria	23 000 m ³ /seg.
Temperaturas	
Media máxima / mínima mayo	39.5 °C – 18.6°C
Media máxima / mínima Enero	34.1°C – 9.2°C
Elevación del desfogue	417.50 m. s. n. m.
Almacenamiento total	18.2 x10 ⁹ m ³ .
Almacenamiento	9.2 x10 ⁹ m ³ .
N A M E	539.50 m. s. n. m.
N A M O	533.00 m. s. n. m.
N A min	500.00 m. s. n. m.
Elevación labio superior de la	
Compuerta	539.60 m. s. n. m.
Elevación de la cresta	519.60 m. s. n. m.
Elevación del canal de llamada	516.60 m. s. n. m.

En la figura 2, se muestra la forma que tiene el embalse de la presa la Angostura en la altiplanicie central del estado de Chiapas.

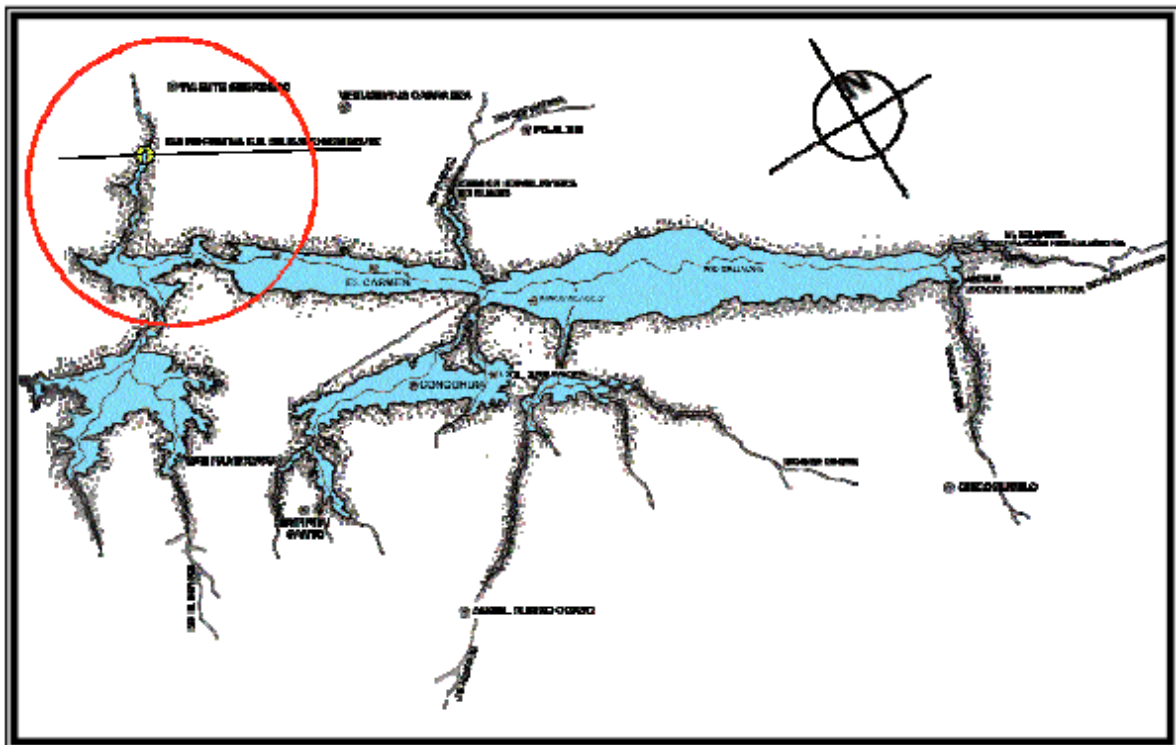


Figura 2.- Forma del Vaso de la Angostura

GEOLOGÍA

Tanto el vaso como la boquilla están en el flanco del sinclinal que forma la depresión de Chiapas. Las calizas que forman el vaso y boquilla se dividen en dos formaciones denominadas II y I. La formación II yace bajo la I, y está constituida por dos lomas, calizas arrecifales y calizas estratificadas puras; todas estas rocas se observan fuertemente atacadas por la disolución, presentan numerosos kársticos y se consideran altamente permeables. La formación I, superpuesta a la II, está compuesta en su mayoría por calizas limosas que, en general se presentan sin ataque aparente de disolución y acusan drenajes superficiales bien desarrollados por lo que se pueden considerar, para los fines de almacenamiento, como impermeables. Las calizas de formación II afloran el 90% del vaso y las de la I en el 10% restante. La boquilla está localizada en la formación I.

La estructura general del vaso es un homoclinal en el que las capas buzcan hacia aguas abajo en forma similar a un paquete de hojas.

En la figura 3, se puede observar la localización de la presa la Angostura en el estado de Chiapas y su ubicación con respecto a las centrales hidroeléctricas que están instaladas aguas abajo del río Grijalva.

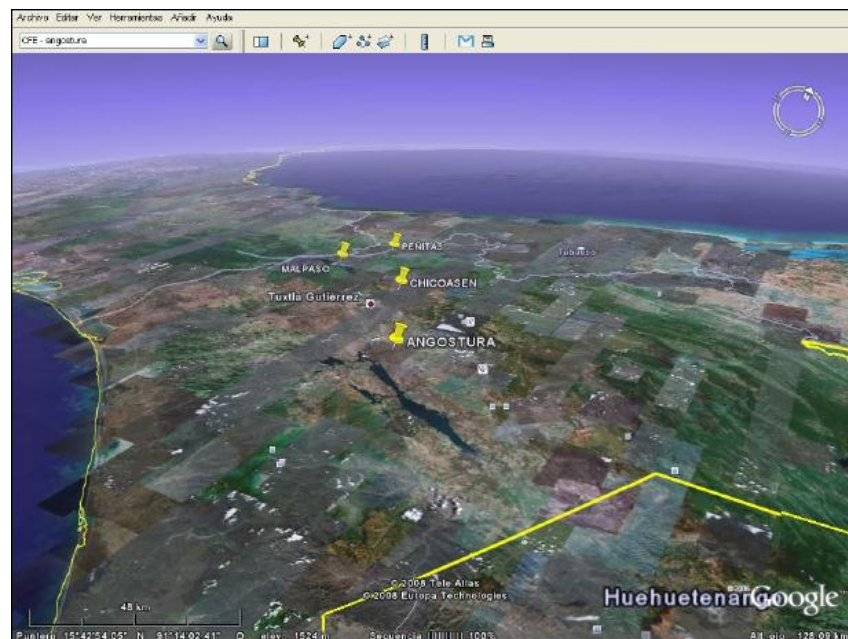


Figura 3.- Localización del vaso de Angostura en el Estado de Chiapas; fuente Google Earth.

CORTINA

Para la construcción de la Hidroeléctrica se proyectó construirla en una zona conocida por los lugareños como La Angostura del río Grijalva (figura 4).

La cortina se desplaza sobre caliza blanda con una elevación de 396.00 m formada de enrocamiento con núcleo central de arcilla compactada y paramento vertical aguas abajo, de filtros y dos zonas de transición grava – arena.

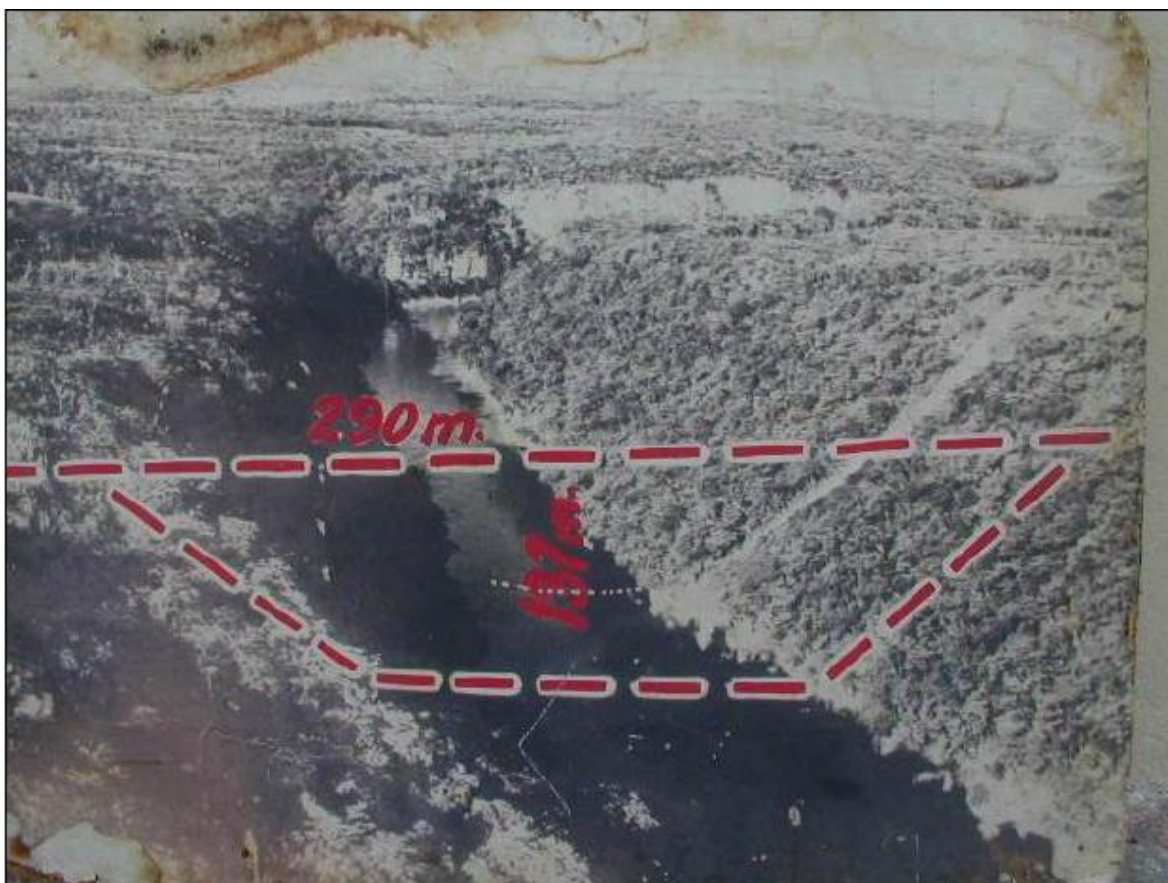


Figura 4.- Imagen rescatada del archivo de la central donde se observa cómo se plasmó el Lugar donde quedaría la cortina sobre el cañón de la Angostura.

Para su protección se instalaron dos pantallas de concreto integradas con pilotes secantes bajo las ataguías y una pantalla de inyecciones en los empotramientos y en el fondo de la cortina.

El volumen total de materiales empleados es de 4.19×10^6 m³, de los cuales 4×10^6 m³ corresponden a enrocamiento, transiciones y filtro.

El corazón de la cortina está formado de arcilla con un índice de plasticidad entre 15 y 60 y contenido de agua cercano al óptimo. En la figura (5) se observa como se ve actualmente la cortina de la central generadora.



Figura 5.- La cortina de Angostura, actualmente es parte de la carretera de Tuxtla Gutiérrez a la población de Venustiano Carranza y las zonas cañeras del altiplano chiapaneco.

VERTEDORES

Debido a la necesidad de evitar cualquier posibilidad de derrame sobre la cortina, fue necesario prever una estructura con gran capacidad.

Las condiciones de la roca no hacen aconsejable realizar cortes de gran altura. La solución más segura fue la de construir dos vertedores con salto de esquí (figura 6 y 7), con una capacidad máxima de descarga de 3250 m³/seg cada uno.

Desde que entró en operación la Central Hidroeléctrica no se ha requerido de la operación de los vertedores. Por razones de flexibilidad y seguridad en la operación es aconsejable mantener un vertedor de servicio y uno de emergencia.

El esquema adoptado cumple con las condiciones expuestas, ya que los cortes máximos no sobrepasan de 50 m; la operación de un solo vertedor permite desalojar una avenida de entrada con un volumen de 6560X106 m³ y con picos de 15000 y 10000 m³/s. sin rebasar la elevación 537.50 m y al presentarse la avenida de diseño puede descargar un gasto de 4500 m³/seg. Operando convenientemente las compuertas de los dos vertedores.



Figura 6.- Compuertas de vertedores



Figura 7.- Salto de esquí

NOMBRE DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA

Una vez que entró en operación la central, en homenaje al héroe chiapaneco Dr. Belisario Domínguez, la CFE ordenó que tanto la presa como la Central Hidroeléctrica llevaran su nombre, cambiando así el de “La Angostura”, con el que se conoció la obra desde su proyecto. Sin embargo actualmente se reconoce a la central con los dos nombres.

DESAGUADEROS

Además de los vertedores, que aseguran que el embalse no rebase la presa, los desagüaderos son necesarios para extraer de modo constante agua del embalse. El agua extraída puede descargarse río abajo, puede llevarse a los generadores para obtener energía hidroeléctrica o puede utilizarse para riego. Los desagüaderos son conductos o túneles cuyas entradas se encuentran a la altura del nivel mínimo del embalse. Estas tomas poseen unas compuertas o válvulas que regulan la entrada de agua.

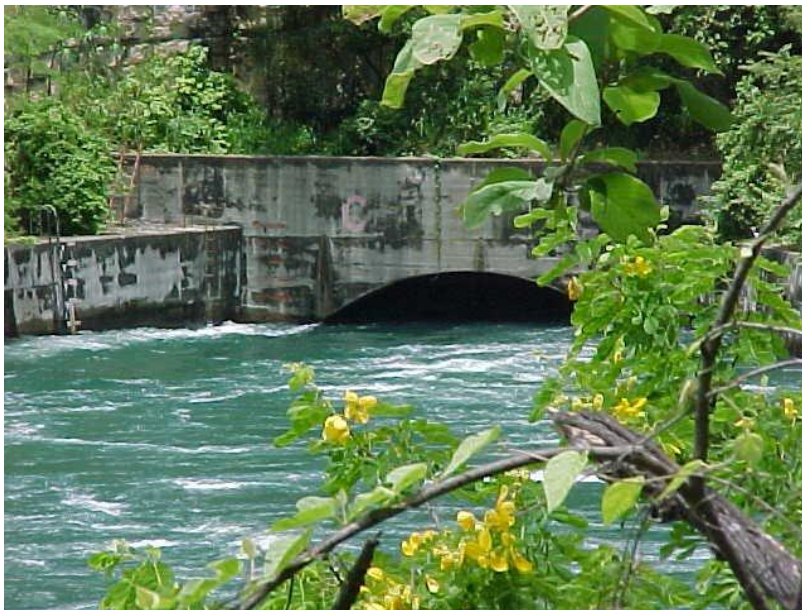


Figura No. 8 En esta figura se puede observar el desagüero de agua extraída del vaso para poder llegar a aguas abajo.

OBRA DE TOMA

La obra de toma comprende 10 compuertas accionadas cada una por un servomotor oleodinámico a pistón. Cada servomotor está alimentado por una central independiente compuesta por una electrobomba de eje vertical con sus dispositivos de seguridad y control (figura 9).

La operación de las compuertas de obra de toma se realiza desde la sala de control o bien de manera local.



Figura 9.- Casetas de control de obra de toma y grúa pórtico para operar las compuertas Auxiliares.

CASA DE MAQUINAS

De tipo subterráneo, la casa de máquinas se construyó en el interior de la roca montañosa en su margen derecho y su acceso es a través de un túnel de 640 m de longitud.

Su construcción se efectuó en dos etapas, alojando en la primera de ellas a las unidades 1, 2 y 3 (figura 10) y en la segunda a las unidades 4 y 5.

Las dimensiones de ambas construcciones son las siguientes:

	1a. Etapa	2a. Etapa
Longitud	113.50 m	99.00 m
Ancho	19.30 m	19.30 m
Altura	46.40 m	46.40 m



Figura 10.- Casa de máquinas 1ª y 2ª Etapa.



INTRODUCCIÓN.

La central hidroeléctrica Belisario Domínguez se localiza al sureste de la República Mexicana. Partiendo de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, capital del estado de Chiapas, sobre la carretera que va al poblado Venustiano Carranza, se recorren 52 kilómetros antes de llegar a la central.

La central hidroeléctrica, utiliza las aguas del río Grijalva para generar energía eléctrica. La cuenca de este río se inicia en la vecina república de Guatemala y se interioriza a nuestro país en la región denominada “alto Grijalva” en el estado de Chiapas, descendiendo posteriormente hacia la planicie de Tabasco, ahora con el nombre de “bajo Grijalva”, hasta la zona de Chontalpa donde desemboca en el golfo de México.

En honor al Dr. Belisario Domínguez Palencia, la C.F.E le rinde homenaje ordenando que la presa como central hidroeléctrica lleve su nombre, a partir del 22 de noviembre de 1975 fecha en que se inició la operación de la central.

La central hidroeléctrica Belisario Domínguez ubicada en el contexto de la gerencia regional de producción sureste y asignada a la subgerencia del complejo hidroeléctrico Grijalva, es una de las cuatro centrales que aprovechan el caudal del río Grijalva.

La planta es totalmente subterránea y tiene 5 unidades de 180 MW cada una, para la realización del plan integral del río Grijalva, fue necesario construir el aprovechamiento de la Angostura, que reúne un conjunto de características que lo sitúan como elemento básico para la explotación del río Grijalva y que se puede emplear ventajosamente en la generación de energía, dado que su vaso de almacenamiento regulariza en promedio el escurrimiento de 9700 millones de m³.

Uno de los principales esfuerzos de comisión federal de electricidad, va destinado a contar con el personal mejor capacitado y adiestrado en diferentes facetas técnico-administrativas que conforma todo el sector eléctrico.



JUSTIFICACIÓN

La importancia de la central hidroeléctrica Belisario Domínguez, radica en su gran capacidad de almacenamiento de agua. La planta es totalmente subterránea y tiene cinco unidades generadoras. Tomando en cuenta que tiene más de 37 años de servicio, se ha notado un incremento en las filtraciones de agua al interior de casa de maquinas, lo que nos lleva a la interrogante ¿El sistema de achique de la central sería capaz de controlar el nivel del cárcamo, en caso de alguna contingencia por filtración excesiva?

La respuesta a esta pregunta no existe, porque no hay ningún cálculo matemático en la central que nos diga que el arreglo de las bombas de achique soportará dicha contingencia. De ahí nace este proyecto, de esa inquietud por saber lo que sucedería en un caso totalmente extremo.

Existen distintas soluciones que podríamos tomar como referencia para realizar este proyecto, pero lo que se busca es hacer el estudio en la entrada hombre ubicada en galerías de inspección, por ser este el caso más difícil que podría suceder y el cual sería catastrófico, pues podría inundar la planta en su totalidad sin que nadie se percate de lo que sucede, ya que en el cárcamo de la central no se cuenta con ningún sensor de alarma que indique el nivel del líquido.

Siendo un punto importante, por el aseguramiento tanto del equipo técnico y humano, y en vista de que la planta no cuenta con dichos datos, la central hidroeléctrica ha dispuesto la realización de los mismos para el análisis e implementación de las medidas necesarias.



OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS

OBJETIVOS GENERALES

El proyecto de residencia profesional denominado “calculo de la capacidad de bombeo del sistema de achique del cárcamo de la casa de maquinas de la C.H.B.D.”, para el caso de filtraciones por la compuerta entrada hombre, tendrá el objetivo general de cuantificar la cantidad de agua que se puede filtrar al cárcamo a través de diversas maneras, así también de tomar las medidas más adecuadas en caso que estas puedan poner en riesgo en principio los tableros de control y posteriormente la seguridad de las turbinas y del personal que labora en dicha central.

Como un segundo objetivo, se tomará una decisión en base a lo anterior, para determinar si es necesario una potencia de bombeo extra, que se colocaría en el cárcamo para evitar dichos riesgos mas inminentes, esto también beneficiaría al momento de realizar maniobras de achique en el tubo de presión y desfogue en un mantenimiento mayor pues reduciría tiempo, o simplemente se tendría un equipo de respaldo, en caso de tener alguna falla técnica en alguna otra bomba de achique.

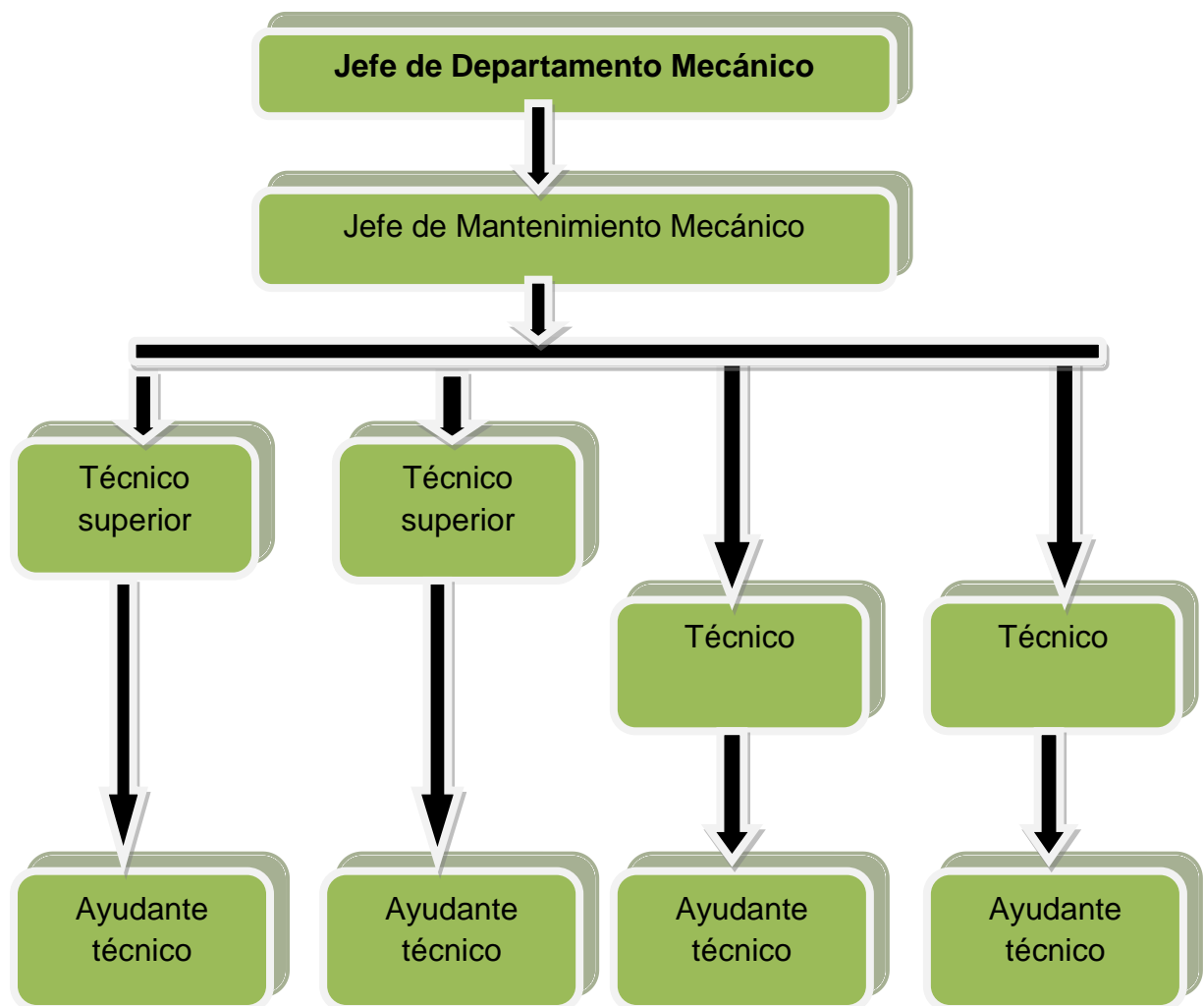
OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar los cálculos para el soporte teórico del tiempo requerido para el achique del cárcamo.
- Conocer y tener un registro detallado de los tiempos de operación de las bombas de pozo profundo del sistema de achique.
- Contar con un registro de la capacidad total de almacenamiento del cárcamo.
- Realizar planos faltantes del cárcamo de la central.
- En caso de alguna falla de la compuerta de entrada hombre, conocer los tiempos de llenado y vaciado del cárcamo.

CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO.

DEPARTAMENTO MECÁNICO.

El departamento mecánico de la central hidroeléctrica “Belisario Domínguez” se compone de un jefe del departamento mecánico, bajo cuyas órdenes se encuentra el personal de mantenimiento. El cual se encuentra integrado como se muestra en el siguiente organigrama.



El departamento mecánico cuenta para realizar sus funciones con dos oficinas y dos talleres, de los cuales un taller y una oficina se encuentran ubicados en el piso de playas de montaje de casa de maquinas frente al túnel de acceso en la primera etapa, el otro taller y oficina se encuentra en el exterior de casa de maquinas.



Además cuenta con tres vehículos, dos del tipo pick-up y uno tipo sedan, este último es para uso personal del ingeniero a cargo del departamento, y los dos restantes para usos propios del departamento.

Para poder realizar sus múltiples actividades y tareas en el taller se cuenta con el siguiente equipo de maquinas herramientas:

- ❖ Torno horizontal de 6 m de bancada y velocidad de 3100 rpm.
- ❖ Taladro de banco de tres fases, con capacidad de profundidad de 6 1/2 “.
- ❖ Cortadoras de segueta automáticas de 1 HP.
- ❖ Cepilladora horizontal de tres fases.
- ❖ Equipos de corte de oxiacetileno.
- ❖ Prensa hidráulica marca Enerpac.
- ❖ Garrucha de 5 toneladas.
- ❖ Tarraja eléctrica con sus accesorios.
- ❖ Centrifugadora de aceite.
- ❖ Plantas de soldar.
- ❖ Esmeriladoras de banco una de 1/2 y otra de 3 HP.
- ❖ Horno secador eléctrico monofásico de 230, 110 volts.

Nota: Los equipos enlistados anteriormente se pueden observar en el anexo A.



Cabe mencionar que cada técnico superior cuenta con las herramientas necesarias para poder realizar su trabajo sin ningún inconveniente.

A continuación se mencionan algunas:

- Un juego de llaves mixtas de medidas milimétricas y estándares.
- Dados de todas las medidas necesarias.
- Maneral de fuerza.
- Matracas.
- Torquimetro.
- Juego de desarmadores.
- Martillos de goma y de bronce.
- Lámpara.
- Juego de brocas.
- Juego de machuelos.
- Juego de llave Allen.
- Juego de llave thor.
- Gafas de seguridad.
- Guantes.
- Cascos.
- Además, cada año la empresa les dota uniformes y calzado de trabajo.

La función principal del departamento mecánico es la de proporcionar el mantenimiento adecuado de todos los equipos mecánicos instalados en casa de máquinas para su disponibilidad inmediata, basándose en programas de mantenimiento.

Además el departamento mecánico tiene a su cargo el control del mantenimiento y reparación de todos los sistemas de aire acondicionado, tanto de las oficinas administrativas como de casa de máquinas.



Dentro de los equipos que el departamento mecánico se encuentra a cargo están:

✚ GENERADOR DE C. A.

- a) Chumacera axial

✚ TURBINAS HIDRAULICAS

- a) Chumacera de carga
- b) Chumacera guía superior
- c) Chumacera guía inferior
- d) Regulador de velocidad

✚ EQUIPO AUXILIAR DE LA TURBINA

- a) Compresores.
- b) Vástagos, válvulas.
- c) Regulador mecánico.

✚ TURBINA AUXILIAR

- a) Chumacera.
- b) Regulador.
- c) Partes a engrasar.

✚ GRUA VIAJERA

- a) Engranés
- b) Reductores de velocidad
- c) Cables de acero
- d) Sistema hidráulico / freno
- e) Partes a engrasar en general
- f) Ganchos de las grúas
- g) Guías y correderas



✚ SISTEMA DE ACHIQUE

- a) Bombas, baleros
- b) Lubricador / flecha
- c) Husillos, sinfin, válvulas

✚ COMPRESORES DE AIRE

- a) Cojinetes / cilindros.
- b) Válvulas de succión y descarga

✚ GRUA DE SERVICIO PARA LA TURBINA AUXILIAR

- a) Engranés
- b) Poleas, bujes.
- c) Rodamientos.
- d) Lubricación

✚ GRUA PARA TURBINA PRINCIPAL

- a) Engranés
- b) Poleas, bujes.
- c) Rodamientos
- d) Cables y polipastos

✚ VALVULAS DE DESCARGA DE LA UNIDAD AUXILIAR.

- a) Sinfín, husillos
- b) Partes a engrasar en general

✚ SISTEMA DE VENTILACION TIRO FORZADO

- a) Chumaceras
- b) Cambio de bandas y balanceo de motores eléctricos



✚ SISTEMA DE COMPUERTAS

- a) Guía y correderas
- b) Partes a engrasar

✚ GRUAS DE LAS COMPUERTAS DE DESFOGUES

- a) Cadena / eslabones
- b) Reductor de velocidad
- c) Guías y correderas
- d) Lubricación

✚ EMBOLOS DE LAS COMPUERTAS PRINCIPALES (5 UNIDADES).

- a) Unidad oleodinámica
- b) Partes a engrasar
- c) Corrección de fugas

✚ SECCION VERTEDORES COMPUERTAS (12 UNIDADES)

- a) Engranajes (descubiertos)
- b) Reductores de velocidad
- c) Cadenas y Bujes
- d) Cojinetes
- e) Guías y correderas de la compuerta
- f) Lubricación

Para todo esto se llevan a cabo generalmente tres tipos de mantenimiento:

- 1.- Mantenimiento rutinario (diario).
- 2.- Mantenimiento menor (preventivo cada 5 meses).
- 3.- Mantenimiento mayor (cada que se requiera).



MANTENIMIENTO RUTINARIO.

Es aquel que se efectúa diariamente, se controla mediante la hoja de reporte diario de novedades la cual es abierta por los operadores de turno, mismo que consiste principalmente de la revisión de los filtros, niveles de aceite, engrase, prueba de plancha caliente, limpieza etc. Así como las diferentes anomalías que se presenten en la operación de su turno.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

Es programado anualmente y de acuerdo con las necesidades que la central y el sistema requieren. En ocasiones, este mantenimiento es aplazado por las circunstancias, pero siempre debe ser efectuado.

El mantenimiento menor deberá efectuarse de acuerdo al calendario anual que se formula por anticipado cada año y en el que las actividades se indiquen mediante barras, de tal manera que el personal interprete el mismo.

Este tipo de mantenimiento debe hacerse preferentemente a todo equipo que se tiene por duplicado y en general a todo equipo e instalaciones que no están incluidas en el mantenimiento mayor. En su programación se debe incluir la seguridad de tener todos los materiales y refacciones en el almacén.

MANTENIMIENTO MAYOR.

Este mantenimiento es programado anualmente de acuerdo con CENACE (centro nacional de control de energía) y es aquel en el que la disponibilidad de las unidades es efectuada en un 100%.

Su programación se hace basándose en las recomendaciones y especificaciones de los fabricantes así como la experiencia obtenida en la operación del equipo, implicando desmontaje de las piezas principales.

En vista de los grandes gastos que se invierten por material, personal, etc., estos mantenimientos requieren una autorización de trabajo que es transmitida por oficinas regionales, que al mismo tiempo tomará nota para un presupuesto anual.



PROBLEMAS A RESOLVER

Para llevar a cabo este proyecto algunos problemas a superar fueron:

- ❖ El tiempo de inicio de las actividades fue un de los problemas para empezar avanzar con nuestros cálculos, debido a que el mantenimiento menor estaba programado empezaría el 2 de octubre del 2012.
- ❖ Falta de un control automático de operación de las bombas.
- ❖ Falta de los planos de obra civil, necesarios para la elaboración de los cálculos necesarios para realizar este proyecto.
- ❖ La falta de un control general de filtraciones.

Todos estos contratiempos fueron superados, gracias a la cooperación conjunta del personal del departamento mecánico y del ingeniero a cargo, pues se tenía todo el apoyo necesario para:

Consultar datos que no se encontraban en documentos.

Solicitar planos necesarios que no se encontraban en el documento mecánico.

Trabajar de manera conjunta con otros departamentos tales como el departamento de operación, producción, civil y eléctrico.



ALCANCES Y LIMITACIONES

La residencia profesional denominada “**calculo de la capacidad de bombeo del sistema de achique del cárcamo de la casa de maquinas**” tiene la finalidad de tener un soporte escrito de los posibles acontecimientos en caso de presentarse anomalías por grandes escurrimientos al cárcamo.

ALCANCES:

La central hidroeléctrica Belisario Domínguez, desea tener con este proyecto los siguientes alcances:

- Tener un registro para conocer el volumen total de almacenamiento del fluido en el cárcamo.
- Saber el tiempo y cantidad de agua que desaloja el sistema de bombeo.
- Conocer las dimensiones del cárcamo, las cuales se desconocen por motivo de que se extraviaron mucho planos.
- Hacer más sencilla la automatización de sensores de niveles de alarma y encendido de las bombas.
- En caso de haber alguna contingencia, en la compuerta de entrada hombre de la galería de inspección, conocer los tiempos, velocidades y caudal entrante, por dicha falla.
- Asegurar que el nivel del líquido entrante no alcance el piso de generadores ya que ocasionaría problemas en piso de turbinas y barras.
- Que los trabajadores de la planta no corran peligro alguno.



LIMITACIONES:

La limitante primordial fueron algunas medidas de algunos planos del cárcamo que se extraviaron dentro de la central y para eso se necesita tomar medidas nuevamente, por lo que encontramos otra limitante que fue el tiempo, porque se necesita achicar el nivel del cárcamo el cual se hará hasta el 2 de octubre fecha en que se empezaría un mantenimiento menor de la unidad 4, donde se tendría la oportunidad de tomar ciertas medidas y así poder empezar con nuestro calculo y nos daría oportunidad de conocer aun más el funcionamiento de una unidad completa en sus partes y su funcionamiento.

FUNDAMENTO TEÓRICO

Turbinas Francis Vertical

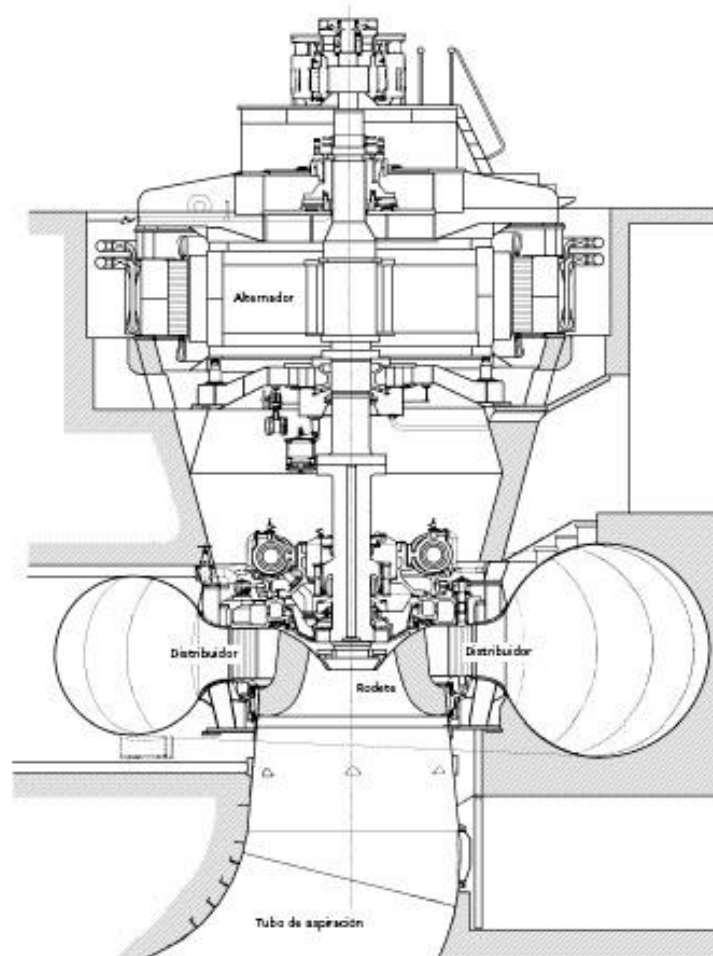


Fig. 10 esquema general de montaje de una turbina.

La central hidroeléctrica Belisario Domínguez (la angostura), cuenta con cinco turbinas del tipo Francis Vertical y se encuentran alojadas en la caverna que forma la casa de máquinas, localizadas en la elevación 420.30 m.s.n.m.

La turbina Francis en la actualidad, es la turbina hidráulica típica de reacción de flujo radial; lleva este nombre en honor al Ing. James Bichano Francis (1815-1892) de origen inglés.

Como las turbinas Francis también han evolucionado como otros elementos por medio de la ciencia y la tecnología durante este siglo se le ha aplicado en los aprovechamientos hidráulicos de características muy variadas



de carga y caudal. Se encuentran turbinas Francis en saltos de agua de 30m como también en saltos de 550m y caudales que alcanzan hasta $200\text{m}^3/\text{s}$ y otras solo $10\text{m}^3/\text{s}$. Esta versatilidad ha hecho que la turbina Francis vertical se encuentre entre una de las mejores turbinas hidráulicas para la generación de energía eléctrica.

A continuación se menciona los principales e importantes datos técnicos de las turbinas generadoras dentro de esta C.H:

Marca	Escher wyss
Tipo	Francis vertical
Potencia	184 000 kw
Frecuencia	60 CPS
Gasto	$218\text{ m}^3/\text{s}$
Caída neta	91.5m
Velocidad	128.6 rpm
Velocidad de empalamiento	245 rpm.
Diámetro de entrada del caracol	5.70 m
Diámetro de entrada del rodete	4.65 m
Diámetro de salida del rodete	5.28 m
Diámetro de la flecha	1.20 m
Diámetro chumacera guía	1.60 m
Material rodete	Acero inoxidable
Número alabes rodete	14
Número alabes móviles	26
Rotación	Sentido a las manecillas del reloj "vista superior"

Tabla 1.- Datos generales de las turbinas

En la figura 11, se observa las condiciones actuales que tiene uno de los rodetes de las turbinas de la Central Hidroeléctrica.



Figura 11.- Vista inferior del rodete

Caja espiral

Tiene como función distribuir uniformemente el fluido en la entrada del rodete de una turbina.

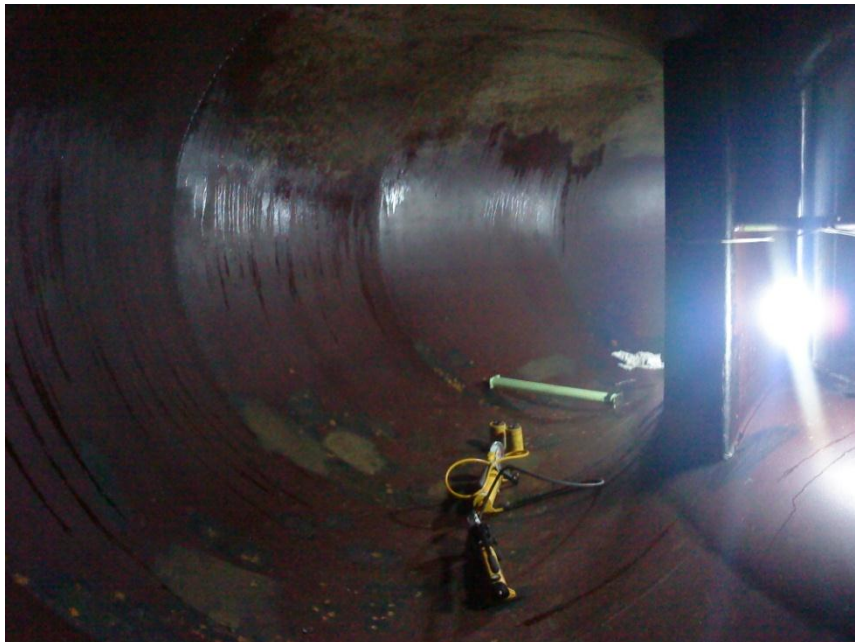


Figura 12.- Vista en el interior del caracol

Pre distribuidor

Tienen una función netamente estructural, para mantener la estructura de la caja espiral, tienen una forma hidrodinámica para minimizar las pérdidas hidráulicas. Se podría decir que son álabes fijos.

Distribuidor

Del espiral o mejor llamado caracol el agua fluye por el distribuidor compuesto por 26 álabes directrices. Tiene la misión de regular el caudal de la turbina abriendo o cerrando los álabes. Los álabes son de acero inoxidable 13% Cr, fundidos en una sola pieza y se apoyan con sus vástagos en tres cojinetes auto lubricados. Los bujes de cojinetes de bronce con teflón asientan en las fundas o porta-cojinetes del distribuidor de hierro fundido que están colocados desde afuera en las tapas de la turbina. Cada álabe directriz es accionado por un servomotor individual, cuyo vástago actúa sobre la palanca del distribuidor que está colocado en el vástago del álabe directriz lado generador. Las etapas de la turbina son de construcción soldada, como la carga axial del cojinete de carga, que es transmitida a través de la tapa superior al ante distribuidor y desde allí al cimiento, esta etapa es de construcción sumamente rígida, tipo cajón. Para disminución del empuje axial hidráulico hay en la tapa lado generador cuatro tubos de descarga a los que se conectan las tuberías que conducen al tubo de desfogue.

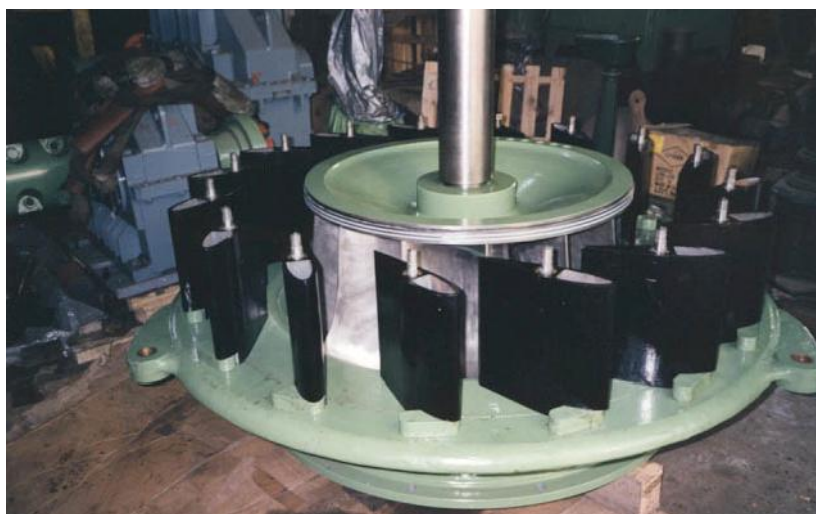


Fig.- 13 Directrices del distribuidor.

Rodete

El rodete esta fundido en una sola pieza de acero cromo al 13%, tiene un diámetro de entrada de 4.65 m y un diámetro de salida de 5.28 m con 14 álabes, mediante 16 bulones de acoplamiento está atornillado a la flecha de la turbina y el momento de torsión es transmitido a través de los 16 bujes de acoplamiento.

Para la formación del intersticio de laberinto de 2.5mm con respecto a las tapas de turbina, hay atornillados anillos de desgastes de 4 segmentos, de material inoxidable recambiables. La tapa del rodete es de construcción soldada y forma adaptada al flujo.

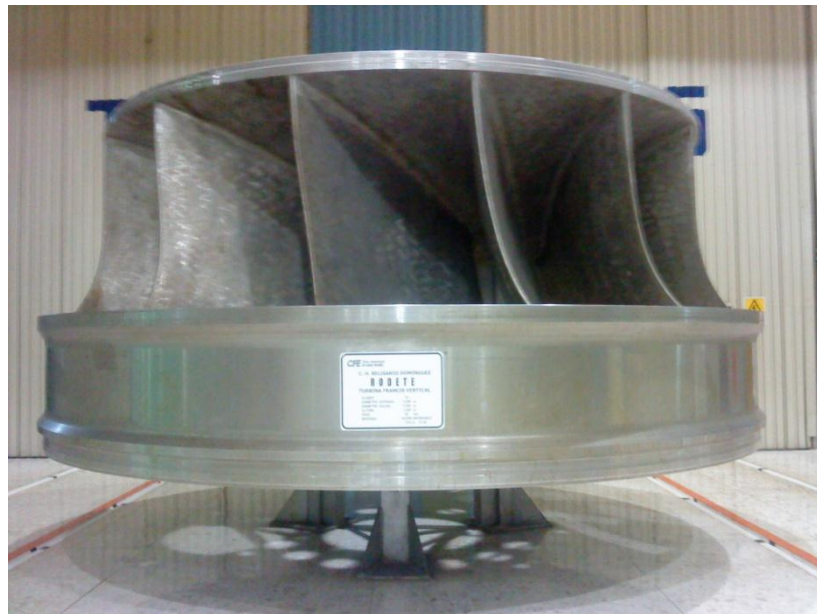


Figura 14.- Vista del rodete



Tubo de desfogues

Cuando el agua de servicio ha entregado su energía al rodete fluye a través del tubo de desfogues hacia la galería de desfogues. El tubo de desfogues puede soportar, hasta una velocidad aproximadamente 5 m/seg. Y posee un blindaje de chapa de 10mm de espesor.

Inmediatamente después del rodete hay un cono de protección del tubo de desfogue de cuatro secciones, intercambiables, con un blindaje de chapa de acero inoxidable. Existe una entrada lateral en donde se puede montar una plataforma para inspeccionar y revisar el rodete así como el cambio del anillo de desgaste

Espiral (caracol) cuenta con diámetro de entrada en el espiral de 5.70 m, diámetro de entrada en el rodete de 4.65 m.

La carcasa espiral empotrada es de construcción completamente soldada de acero de construcción de grano fino. El antidistribuidor bipartido fue soldado completamente en los talleres del fabricante. Allí también se efectuó la prueba hidrostática a una presión de 20 kg/cm². Para acceso y control, la carcasa espiral tiene una entrada hombre localizada a la elevación de 420.30 del mismo piso de turbina, sobre la parte superior de la tubería de presión.

Flecha de turbina

La flecha de turbina esta forjada en una sola pieza y su diámetro es de 1.2 m está suficientemente diseñada para la transmisión del máximo momento de torsión. Las pistas para las chumaceras de guía son de forma de campana. El acoplamiento al generador se efectúa con 16 bulones y 16 pernos. El anillo portante para la chumacera de carga está colocado con asiento deslizado sobre el extremo de la flecha.

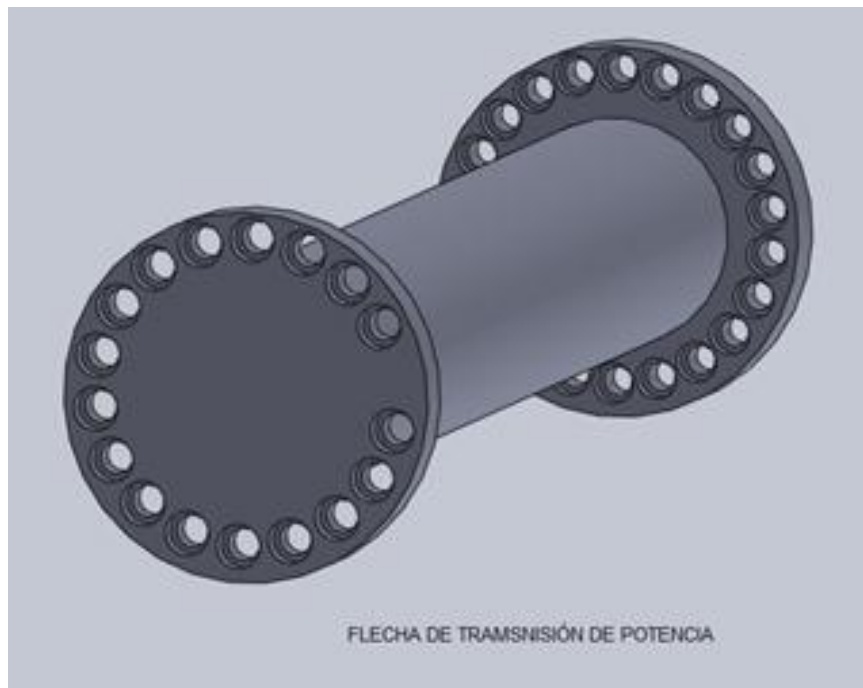


Fig.15 Flecha de la turbina



Sello de la flecha

El sello de la flecha de la turbina se realiza mediante una junta axial de anillo deslizante. El anillo de deslizamiento bipartido gira con la flecha y lleva un blindaje de acero inoxidable sobre el cual deslizan los segmentos de anillos de carbón que están colocados en el porta anillos de sellos bipartidos, que puede moverse en sentido axial.

Para compensar el desgaste y las fugas de agua que tiene este sello de carbones mejor llamado estopero, a las superficies de deslizamiento se les inyecta agua de cierre en la ranura circulante del anillo de carbón y se inyecta agua en forma de empuje axial para mantener el sello de carbones en una presión estable donde la presión de agua de cierre ($1.2 - 1.8 \text{ kg/cm}^2$) es mayor que la presión de empuje axial ($0.600 - 0.800 \text{ kg/cm}^2$). El agua fugada que sale hacia la flecha es juntada en una cámara colectora de agua y enviada por una tubería a la galería de drenaje de la casa de maquinas.

Este sello trabaja durante la operación prácticamente sin contacto, por lo que solo está expuesto a un mínimo desgaste y se ajusta automáticamente a medida que aparece un desgaste. Como supervisión del sello se tiene un termostato que emite alarma de alta temperatura al panel de alarma de la sala de tableros. Al fin de poder realizar trabajos de rehabilitación en el estopero cuando exista plena presión en el tubo de desfogue, está prevista una junta radial de parada que mediante agua a presión sella el anillo inferior que lleva un blindaje de acero inoxidable.



Servomotores individuales

La regulación de los álabes directrices se efectúa por medio de 26 servomotores individuales que están fijados en articulaciones en el apoyo inferior cilíndrico de la chumacera de carga. El servomotor posee un diámetro de 200 mm, una carrera de 260 mm y está conformado por un tubo bruñido y placas frontales que están unidas por medio de bulones de tracción. Y su embolo de doble efecto funciona por la presión de aceite que le envía la válvula piloto para que cierre o abra las válvulas distribuidoras.

La regulación de la velocidad de la turbina es transmitido a través del movimiento de los servomotores y los varillajes de mando que están apoyados en forma girable en la tapa de turbina a cada una de las válvulas de mando.

El aceite de presión es llenado a cada uno de los servomotores por medio de una válvula piloto alimentada por el tanque de regulación y al mismo tiempo la válvula piloto permite la conducción del aceite de retorno al tanque de recuperación.

Chumacera guía de la turbina

La turbina está equipada por una chumacera de guía inferior y una chumacera de guía superior. La chumacera de guía superior está combinada con la chumacera guía de carga. Como otro lugar de apoyo se tiene una chumacera guía en la parte superior del generador, denominado chumacera guía del generador.

Ambas chumaceras de guía superior fueron diseñadas como chumaceras de segmento y consiste en 8 segmentos revestidos con metal antifricción, que se apoya a través de pernos de apoyos amortiguados y la carcasa de chumacera. Las fuerzas radiales que se presentan en la chumacera guía inferior se transmiten a través de la carcasa de la chumacera a la tapa de turbina superior y en la chumacera d guía superior al apoyo de la chumacera de carga superior.

El apoyo de la chumacera de carga esta reforzada por ocho vigas apoyadas radialmente en el pozo de la turbina. Para la supervisión de las chumaceras se cuenta con los siguientes instrumentos para cada chumacera de guía superior e inferior:

- 1 termopar que registra la temperatura del aceite con emisión de alarma.
- 1 termopar que registra la temperatura del metal de chumacera con emisión de alarma y señalización de disparo de la unidad.
- 1 sensor de temperatura en el metal antifricción de la chumacera para el registro de temperaturas.

Para el control del nivel de aceite están colocados en la carcasa de la chumacera superior un flotador y en la carcasa de chumacera inferior dos flotadores. El gasto de aceite y el agua de refrigeración son controlados con supervisores de flujo y/o medidores de gasto.

Chumacera de carga y alimentación de aceite

Los componentes principales de la chumacera de cara, son el plato o collar de empuje que está colocado sobre la brida de la flecha, los catorce segmentos basculantes, los pernos de apoyo y los apoyos de hierro blando. La carga axial de 800 T que se genera durante el servicio, es transmitido a la tapa de la turbina a través del apoyo de la chumacera de carga superior e inferior.

La alimentación de aceite de chumacera para ambas chumaceras de guía y chumacera de carga se efectúa por un sistema cerrado.

El aceite es aspirado desde el recipiente de aceite de la chumacera de guía inferior con una bomba de desplazamiento positivo vertical accionada por un motor eléctrico y descarga en el enfriador de aceite. Luego el flujo de aceite es distribuido a cada chumacera por diafragma.

En caso de falla en la electro-bomba vertical, otra electro-bomba horizontal de respaldo, puede suministrar el aceite lubricante a la chumacera. Durante la puesta en marcha de la maquina se produce la presión necesaria para elevar el collar de empuje con el rotor de la unidad sobre los segmentos de chumacera de carga con una bomba de aceite independiente denominada bomba de pre-lubricación.

Cada carcasa de chumacera tiene un laberinto alrededor de la flecha con un flujo de aire a presión a fin de evitar la salida de vapores de aceite. Además existe una instalación para extraer los mismos vapores. Para la supervisión de la chumacera de carga existen los siguientes instrumentos:

- 1 termopar que registra la temperatura del aceite con emisión de alarma.
- 1 termopar que registra la temperatura del metal babitt de la chumacera con emisión de alarma y señal de disparo de la unidad.
- 1 sensor de temperatura en el metal babitt de la chumacera para el registrador de temperatura.



Sistema de extracción de vapores de aceite en los depósitos de chumacera.

Para la extracción de vapores de aceite lubricante que se producen por el calentamiento propio del aceite en los depósitos de chumaceras de carga y guía de la turbina, se encuentra instalada en la parte superior una tubería con diámetro de 100mm, estos vapores son enviados a un depósito, el cual se encarga de separar el aceite y tiene un indicador para observar la cantidad de aceite acumulada y se procede a su respectivo vaciado. Este sistema evita la propagación de los vapores de aceite en zonas cercanas a las chumaceras, tales como estator y rotor del generador; ya que estos vapores pueden ocasionar daños a los devanados y disminuir su resistencia de aislamiento. La corriente de aire provocada por el ventilador del rotor, se hace circular por dos tuberías; una de 50 mm y otra de 80 mm de diámetro y de esta forma se cierra la salida de los vapores de aceite que no logren pasar por las tuberías y son enviados al depósito de extracción. Por motivos de contaminación de aire que produce el generador como son polvos y residuos de balatas encontradas dentro del depósito de chumaceras; se instaló un motor eléctrico auxiliar acoplado a un soplador para hacer la función sello del depósito de aceite de la chumacera. Este motor entra en servicio con el automatismo en la secuencia de arranque de la unidad y para el paro de la misma.



Fugas de aceite de la turbina

El sistema colector de fugas consta del siguiente equipo: un motor de 0.5 kw, 440 V, 60 Hz, 1500 rpm acoplado a una pequeña bomba con capacidad de 1.5 Lts/min. Con una tubería colectora de 38 mm de diámetro y una tubería de descarga de la bomba de 18 mm de diámetro y un pequeño tanque con capacidad de 20 Lts.

Todo este equipo se encuentra localizado en galerías de inspección, elevación 410.50 m.s.n.m. y cada unidad cuenta con un equipo igual.

La alimentación de C.A (corriente alterna) para el motor de 440 V es a través de un interruptor termo magnético localizado en el tablero de servicios auxiliares de la unidad respectiva.

La función que desempeña el equipo es coleccionar todas las pequeñas fugas que provienen de los servomotores individuales de los alabes directrices del distribuidor y conducir las automáticamente al depósito de aceite del regulador mecánico de velocidad localizado en el nivel 420.30 por medio de una bomba. Esta también puede ser accionada en el lugar de instalación, siendo realizada esta operación por el personal del departamento mecánico.



Generador

La central cuenta con cinco generadores marca ASEA, acoplados a la flecha vertical de cada una de las turbinas hidráulicas y se localizan en la elevación 427.00 m.s.n.m. dentro de la caverna de casa de maquinas.

Las características son las siguientes:

Alternador síncrono de eje vertical, trifásico, tipo sombrilla GGS 6500 EK.

Capacidades:

Capacidad continua al FP = 0.95 atrasado, con 60 °C máximos de sobrecalentamiento.

En el estator y en el rotor = 191 000 KVA.

Capacidad continua al FP = 0.95 atrasado, con 30 °C máximos de sobrecalentamiento.

En el estator y en el rotor = 225 000 KVA.

Factor de potencia	0.95 intensidad atrasada
Tensión	13 800 V
Frecuencia	60 Hz.
Velocidad nominal	128.6 rpm
Velocidad de desboque	245 rpm
Número de polos	56
Momento volante	33 000 Ton – m2
Relación de corto circuito	120 %
Corriente de campo a plena carga	1 100 A.
Corriente de campo máxima	1370 A.



Sistema de achique

Uno de los equipos de mayor importancia desde el punto de vista de seguridad es el sistema de bombas de achique.

Su función es vaciar el cárcamo, podría decirse que es un tanque muy grande donde almacena toda el agua producto de filtraciones de las turbinas, sanitarios y otros la cual este cárcamo se localiza en casa de maquinas, el agua que succionan estas bombas de achique llegan a desembocar en los pozos de oscilación para que llegue al rio aguas abajo.

Se utiliza también para las maniobras de vaciado de la tubería de presión, la carcasa espiral y el tubo de succión de las unidades para inspección.

Este sistema se encuentra dividido en 1ª y 2ª Etapa, los cárcamos de cada etapa se encuentran interconectados entre sí mediante una conducción, en consecuencia con los equipos de bombeo de cualquier cárcamo es posible achicar el agua de toda la central, existe una válvula para cerrar la interconexión y se localiza en la galería de inspección de la segunda etapa.

La descarga del agua se efectúa en forma independiente en la galería de pozos de oscilación hacia desfogues de las unidades.

Primera etapa

Consta de tres bombas de pozos profundos de 200 hp de potencia cada una, el caudal se descarga por una tubería de 18" de diámetro a los pozos de oscilación.

Segunda etapa

Cuenta con cuatro bombas, dos de ellas son de 200 hp de potencia y las otras dos son de 25 hp de potencia.



Procedimiento para vaciado de la tubería de presión, achique y calafateo de las compuertas.

Este procedimiento nos muestra los pasos que realizará el personal de mantenimiento mecánico, cuando debe efectuarse maniobras para achicar y llenar la tubería de presión a fin de que esta actividad sea ejecutada de igual forma indistintamente de quien la realice, asegurando confiabilidad durante la secuencia de pasos que se irán realizando, procurando condiciones seguras, tanto para el personal que participa en la ejecución del procedimiento, como para los equipos que se atienden, cumpliendo con los requerimientos de los sistemas de gestión de calidad ISO 9001:2000 y gestión de calidad ISO 14001:1996.

Pasos a seguir:

Primeramente la unidad debe de estar en reposo, la unidad generadora que ha dejado de girar y en la que el distribuidor está cerrado y los frenos aplicados.

✓ Disparo:

Orden de paro automático repentino provocado por funcionamiento normal o accidental de alguna protección.

✓ Licencia

Autorización especial que concede el **CENACE** para que el personal a sus órdenes observe o ejecuten un trabajo en alguna maquina, equipo o parte de él, garantizando las condiciones más seguras para que el personal de mantenimiento realice su trabajo, ya que las maquinas y los equipos en licencia dejan de ser temporalmente parte activa de la producción.



✓ Operador

Es el trabajador cuya misión principal es operar las unidades generadoras de energía eléctrica a su cargo y vigilar eficaz y constantemente sus parámetros de funcionamiento a fin de detectar y corregir cualquier anomalía operativa y en casos extremos reponer los funcionamientos de las unidades o pararlas para protegerlas de daños mayores.

También tramita con el cenase la obtención de licencias que solicita el personal de mantenimiento y al ser concedidas localmente controlada todas las condiciones que deben guardar las maquinas, los equipos o circuitos en licencia.

✓ Calafatear

Esta actividad lo realizan el personal de buceo el cual consiste en calafatear (sellar) con unas colchas las filtraciones de las compuertas de pozos de oscilación o desfogue.

Actividades

1.-El jefe de mantenimiento será enterado de la necesidad de realizar las actividades de este procedimiento y recibirá del jefe del departamento mecánico, la orden de trabajo respectiva, preparando la siguiente herramienta y equipo.

Cantidad	Unidad	Material
5	Pza.	Lámpara de mano.
2	Pza.	Llaves tipo stilson de 16 pulg.
2	Jgo.	Llaves españolas.
1	Pza.	Llave de golpe 55 mm.
1	Pza.	Llave de golpe 46 mm.
1	Pza.	Marro de 16 lbs.
1	Pza.	Pistola neumática y eléctrica.
2	Pza.	Dados con adaptadores para pistola.
3	Pza.	Empaques para los registros de 8mm.
1	Kg.	Cebo de origen animal.
1	Jgo.	Machuelos de 36mm.
1	Pza.	Porta machuelos.
25	Pza.	Colchonetas de borra para calafateo.
-----	Kg	Trapo.
100	Mts.	Cable polipropileno
1	Pza.	Escalera marina para el personal.
1	Pza.	Tecele.

Tabla 2.- Herramientas necesarias para poder realizar el mantenimiento de dichas unidades

2.-El jefe de mantenimiento que ha sido designado para esta actividad, se traslada a la sala de tableros y se asegura consultando con el operador en turno que la unidad donde se va a laborar cuenta con licencia autorizada por el cenase, para la fecha y hora en que se pretende ejecutar este trabajo y de que la unidad se encuentra en reposo.

3.-tramitar solicitud de licencia y obtener la respectiva autorización.



Secuencia para vaciar y achicar la tubería de presión.

4.-Se procede a verificar que la unidad se encuentre en reposo (frenos aplicados).

5.-Bajar las compuertas auxiliares y principales de obra de toma.

6.-Hacer el cambio de alimentación del agua de empuje axial por la unidad auxiliar si se trata de unidades de la primera etapa; si se trata de unidades de la segunda etapa el cambio se efectúa por la otra unidad.

7.-Abrir el distribuidor de la turbina en forma manual y drenar el agua de la tubería de presión al tubo de aspiración, cuando la presión de la carcasa espiral llega a 0 kg/cm^2 , se cierra el distribuidor de la turbina y se esperan 10 min verificando que no aumente la presión de la carcasa. Lo anterior confirma que las compuertas de obra de toma han sellado correctamente.

8.- Proceder a revisar guías y asientos de compuertas de desfogues con el personal de buceo.

9.- Una vez concluida la inspección por parte del personal de buceo proceder a bajar compuerta de desfogue ya enganchada.

10.-Una vez abajo las compuertas se procede a abrir la válvula de drenaje del tubo de aspiración y los buzos empiezan la inmersión para calafatear las compuertas de desfogue con colchonetas para tratar de hacer un sello perfecto y evitar la entrada de agua del túnel de desfogue hacia el tubo de aspiración, iniciándose en ese instante el achique con las bombas de drenaje. Es decir, se extrae el agua del tubo de aspiración y se descarga en el pozo de oscilación, aguas debajo de las compuertas de desfogue. El achique del agua se controla en función del nivel del cárcamo de drenaje y de la apertura de la válvula. Una vez controlado el achique de agua de la tubería de presión y caracol abriendo la válvula de drenaje.



Secuencia para llenar la tubería de presión

11.-Después de haber realizado los trabajos respectivos al mantenimiento, para lo cual fue necesario el calafateo de las compuertas, procede a cerrar los registros de entrada hombre del caracol y la de tubo de aspiración.

12.-Cerrar las dos válvulas de drenaje (de la tubería de presión y del tubo de aspiración) verificándose que no se presente fugas.

13.-Abrir la posición de by-pass una compuerta de obra de toma y se cierra cuando la presión de la carcasa espiral llega a 3 kg/cm^2 . Se abre manualmente el distribuidor pasando esta agua al tubo de aspiración y cerrando el distribuidor. Cuando la presión en la carcasa espiral es inferior al valor inicial, se hace una segunda maniobra igual a la anterior hasta que la presión en el tubo de aspiración llega a un valor de 1.15 kg/cm^2 se da orden de subir la primera compuerta de desfogue, previamente enganchada por los buzos. Después se baja la cadena, se engancha y se sube la segunda compuerta de desfogues.

14.-Abrir a la posición bypass una compuerta de obra de toma.

15.-Cuando la presión en la carcasa espiral llega al valor correspondiente al salto estático, según el nivel del paso, ($10\text{-}11 \text{ kg/cm}^2$) se procede a abrir totalmente las compuertas principales y auxiliares de obra de toma.

Con lo anterior se dan por terminadas las maniobras de achique y llenado de tubería de presión y tubo de aspiración.

16.-Los residuos peligrosos y la basura no industrial que se generen durante la aplicación de este procedimiento, deben tratarse de acuerdo al instructivo SRGHG-I-01 "manejo y almacenamiento de residuos peligrosos".



PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIONES DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS.

A continuación se presenta las actividades realizadas durante la residencia profesional para lograr el aseguramiento de los objetivos planteados anteriormente.

En la primer semana conocimos las instalaciones de la central, conforme pasaron los días empezamos aprender más a fondo el funcionamiento de cada una de las partes que la conforman.

Durante el primer mes recorrimos la planta y estuvimos observando algunos trabajos como la instalación de termómetros a la tubería que alimenta el agua de enfriamiento a los radiadores en la unidad No. 2, observamos el plan de mantenimiento rutinario y el preventivo.

Durante el segundo mes se revisaron apoyos bibliográficos de la central, como obras civiles de la 1^a y 2^a etapa de casa de maquinas y se realizaron las medidas faltantes de los cárcamos de la casa de maquinas.

Después se empezaron a realizar cálculos para obtener los volúmenes de los cárcamos, tanto en su nivel máximo como el nivel mínimo, apoyándose en planos y medidas realizadas, así como la obtención del gasto total del arreglo de bombas del sistema de achique que fue obtenido con datos de placa de las bombas.

Se estuvo observando el mantenimiento menor para adquirir experiencia y se estuvieron realizando diversos trabajos encargados por el ingeniero y el personal del departamento mecánico no cabe mencionar que todo el tiempo nos recibían de una forma cordial y nos aclaraban nuestras dudas a continuación seguimos con los cálculos realizados.

Cálculo del volumen total del cárcamo del sistema de achique de la central hidroeléctrica Belisario Domínguez.

Cárcamo de la 2ª etapa.

Los datos necesarios para realizar el cálculo fueron obtenidos del plano 298.8/5-c-28 anexo B. “casa de maquinas, cárcamo de drenaje.”

A continuación tenemos el siguiente croquis del cárcamo:

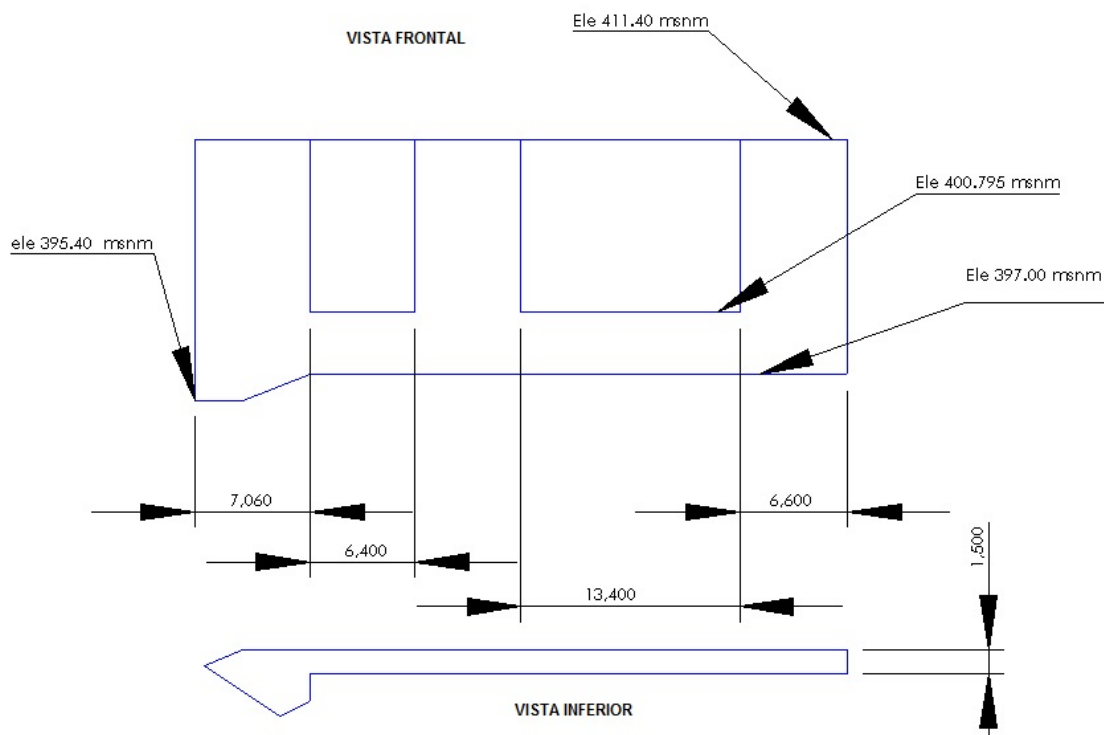
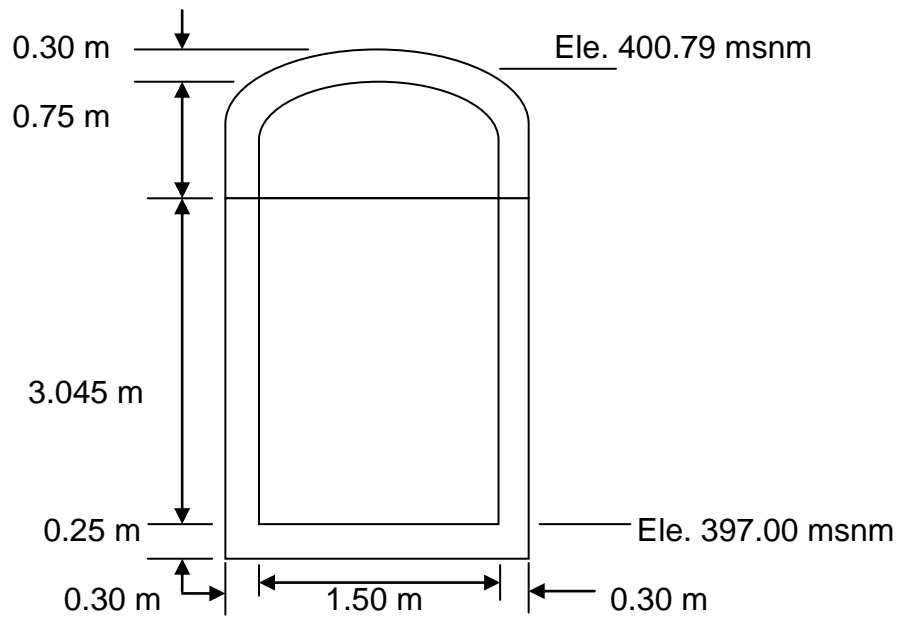


Fig.- 16 Cárcamo de segunda etapa, nota acotaciones en m.

Revisando el corte A-A notamos que tiene el siguiente perfil:



Sección galería de drenaje

Corte transversal A-A.

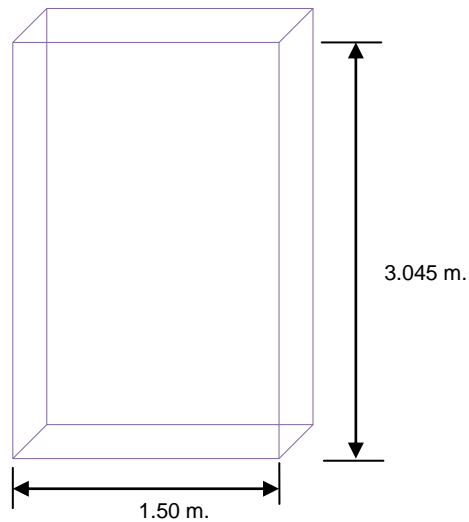
Ahora obtendremos el área de la sección anterior en dos partes:

Área rectangular:

$$A_r = B \times H$$

$$A_r = 1.50 \text{ m} \times 3.045 \text{ m.}$$

$$A_r = 4.5675 \text{ m}^2$$



Nota: Las cotas están dadas en metros y las elevaciones en metros sobre nivel del mar.

Área de la semicircunferencia.

$$A_s = (\pi \times r^2) / 2$$

$$A_s = (\pi \times (0.75 \text{ m})^2) / 2$$

$$A_s = 0.8836 \text{ m}^2$$

Para obtener el área de toda la sección sumaremos las dos áreas anteriores la rectangular y la del semicírculo:

$$A_{\text{total de sección}} = A_r + A_s$$

$$A_{\text{total de sección}} = 4.5675 + 0.8836$$

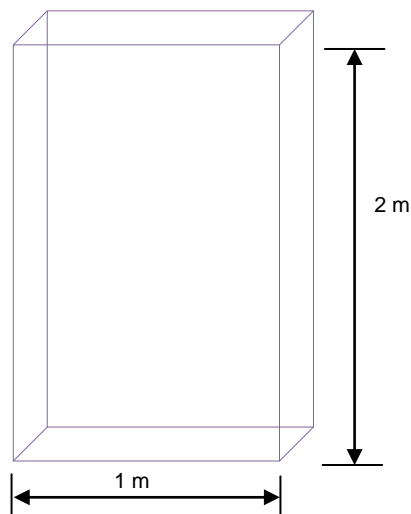
$$A_{\text{total de sección}} = 5.4511 \text{ m}^2$$

Ahora analizaremos el corte transversal B-B del túnel que comunica al 1°ero con el 2do cárcamo que aparece en el primer croquis.

$$A = B \times A$$

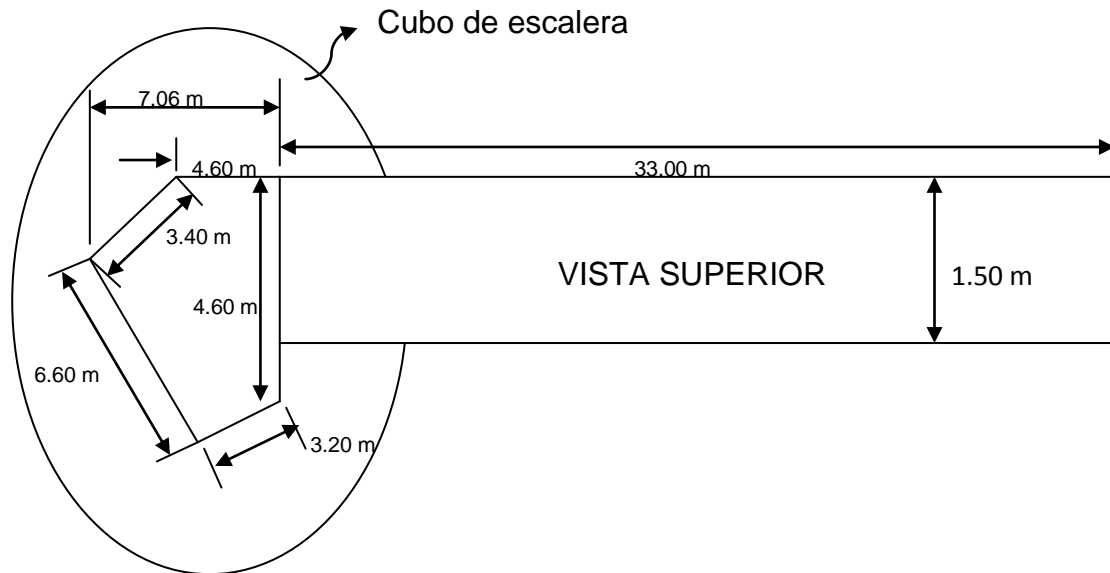
$$A = 2 \text{ m} \times 1 \text{ m}$$

$$A = 2.00 \text{ m}^2.$$

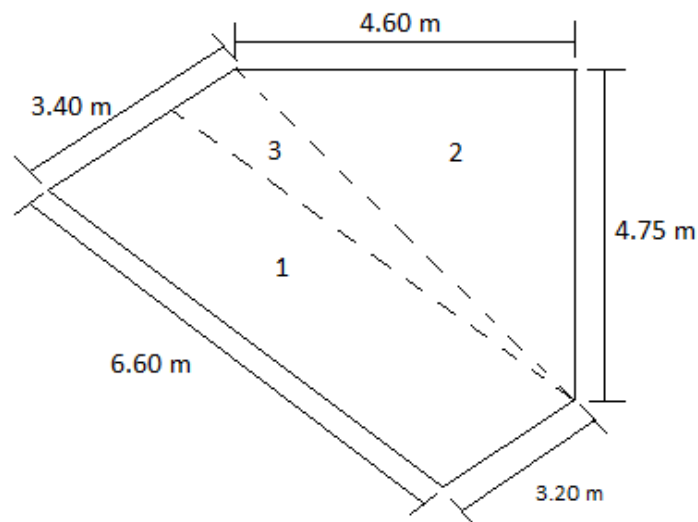


Calculando el área del cubo de escalera de acceso al cárcamo de drenaje de la 2ª etapa.

Las medidas fueron tomadas del plano # 298.8/5 c-46.



Para obtener el volumen del cárcamo de drenaje de casa de maquinas de la 2ª etapa la dividiremos en secciones por lo tanto:



Calculando el área en la sección 1:

$$A = B \times H$$

$$A = 6.60 \text{ m} \times 3.20 \text{ m}$$

$$A = 21.12 \text{ m}^2.$$



Calculando el área en la sección 2:

$$A = B \times H / 2$$

$$A = (4.60 \text{ m} \times 0.20 \text{ m} / 2)$$

$$A = 10.925 \text{ m}^2.$$

Calculando el área de la sección 3:

$$A = B \times H / 2$$

$$A = (6.60 \text{ m} \times 0.20 \text{ m} / 2)$$

$$A = 0.66 \text{ m}^2$$

Una vez obtenido el área de las superficies de cada sección procedemos a sumar las áreas para obtener el total de las áreas para obtener el total del área del cubo de la escalera. Por lo tanto:

Sumando las tres secciones:

$$A_t = A_1 + A_2 + A_3$$

$$A_t = 21.12 \text{ m}^2 + 10.925 \text{ m}^2 + 0.66 \text{ m}^2$$

$$A_t = 32.705 \text{ m}^2.$$

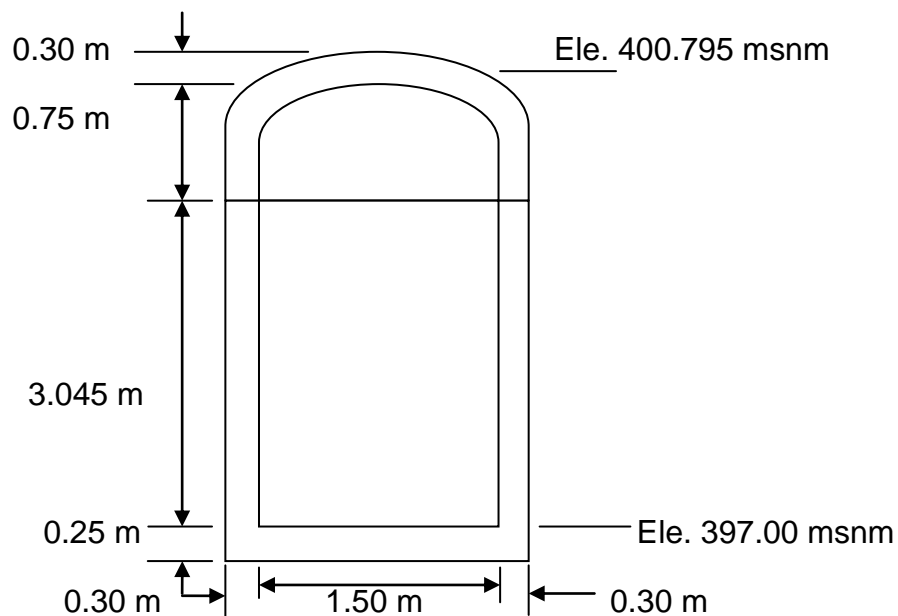
Nota: Las medidas del cubo de la escalera se obtuvieron midiendo las paredes, pues no se encontraron planos que proporcionaran dicha información.

Una vez obteniendo las áreas de los perfiles y cortes del cárcamo de drenaje de 2ª etapa podemos iniciar a calcular el volumen total del cárcamo.

En la parte inferior izquierda de la vista frontal del plano podemos observar un resaque o dren que sirve para atrapar la suciedad que pudiera tener el cárcamo y no obstruya la rejilla que está en la entrada del tubo de aspiración de la bomba. Para nuestros cálculos no tomaremos en cuenta este declive.

Retomando los resultados obtenidos al inicio de los cálculos:

Corte A-A:



Sección galería de drenaje

Corte transversal A-A.

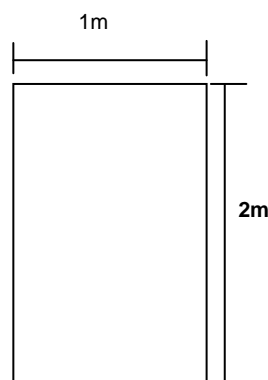
Esta sección tiene un área:

$$\text{Área} = 5.4511 \text{ m}^2$$

Corte B-B

Esta sección tiene un área:

$$\text{Área} = 2.00 \text{ m}^2$$





Ahora obtendremos el volumen total del cárcamo, con las secciones tomándolas de la vista frontal anterior y los resultados de las áreas de los perfiles.

Sección 1

$$\text{Volumen}_1 = A_b \times H$$

$$\text{Volumen}_1 = 32.705 \text{ m}^2 \times 14.4 \text{ m}$$

$$\text{Volumen}_1 = 470.952 \text{ m}^3.$$

Sección 2

$$\text{Volumen}_2 = A_c \times L$$

$$\text{Volumen}_2 = 5.4510728 \text{ m}^2 \times 6.40 \text{ m}$$

$$\text{Volumen}_2 = 34.8868608 \text{ m}^3.$$

Sección 3

$$\text{Volumen}_3 = a \times b \times h$$

$$\text{Volumen}_3 = 6.60 \text{ m} \times 1.50 \text{ m} \times 14.4 \text{ m}$$

$$\text{Volumen}_3 = 142.56 \text{ m}^3.$$

Sección 4

$$\text{Volumen}_4 = A_{\text{cara}} \times L$$

$$\text{Volumen}_4 = 5.4510728 \text{ m}^2 \times 13.40 \text{ m}$$

$$\text{Volumen}_4 = 73.0443 \text{ m}^3.$$

Sección 5

Sección 5 = sección 3

$$\text{Volumen}_5 = 142.56 \text{ m}^3.$$

Por lo tanto sumando todas las secciones anteriores tenemos:

Sección 1 + sección 2 + sección 3 + sección 4 + sección 5

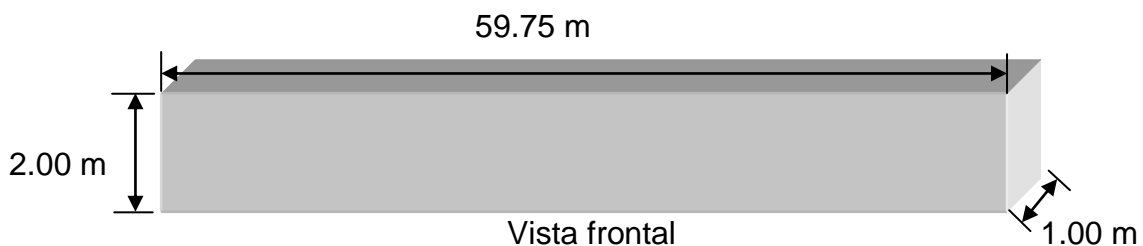
Volumen total = $(470.95 + 34.88 + 142.56 + 73.04 + 142.56) \text{ m}^3$

Volumen total = 863.99 m^3

Túnel de conexión del 1°ero. Con el 2°do.

Nota: La capacidad calculada del cárcamo es en su capacidad total.

Como el túnel de conexión de los cárcamos es de forma rectangular tenemos.



Volumen $_{\text{túnel}} = \text{Área}_{\text{ vista lateral}} \times \text{Longitud}$

Volumen $_{\text{túnel}} = (B \times H) \times \text{Longitud}$

Volumen $_{\text{túnel}} = (1.00 \text{ m} \times 2.00 \text{ m}) \times 59.75 \text{ m}$

Volumen $_{\text{túnel}} = 2.00 \text{ m}^2 \times 59.75 \text{ m}$

Volumen $_{\text{túnel}} = 119.50 \text{ m}^3$.

Por lo tanto el volumen total del túnel de conexión es de

Volumen $_{\text{túnel}} = 119.50 \text{ m}^3$

Nota: Las medidas del túnel de conexión no tiene un plano en específico por lo que se obtuvo de una revisión entre el plano 298.8/5 C-28 y el 298 8/4 C-82.

Cárcamo de drenaje de la 1ª etapa.

Los datos mostrados fueron obtenidos de un conjunto de planos de toda la central que no tenía número de folio para el archivo.

VISTA FRONTAL

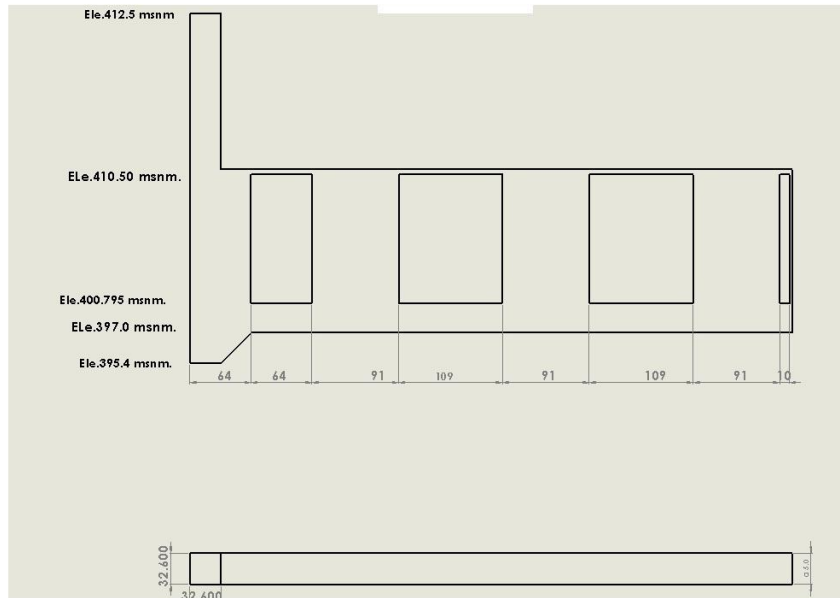


Fig.- 17 Cárcamo de 1ª etapa

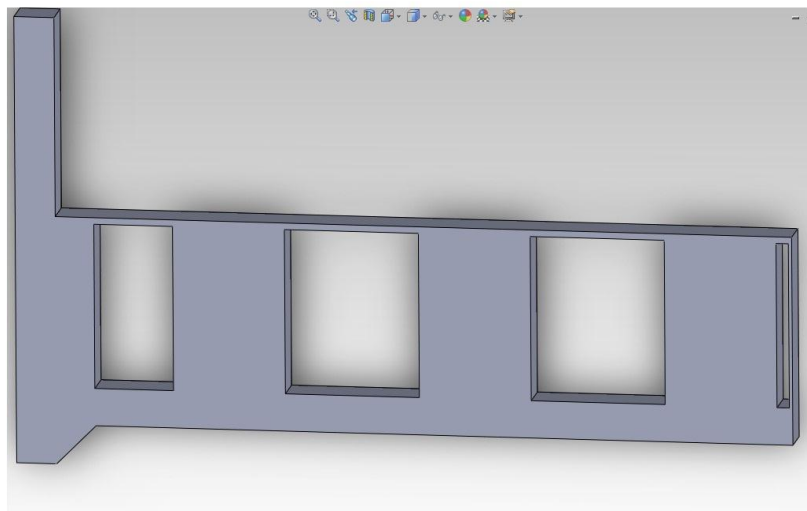


Fig.- 18 Cárcamo de 1ª etapa en 3D.

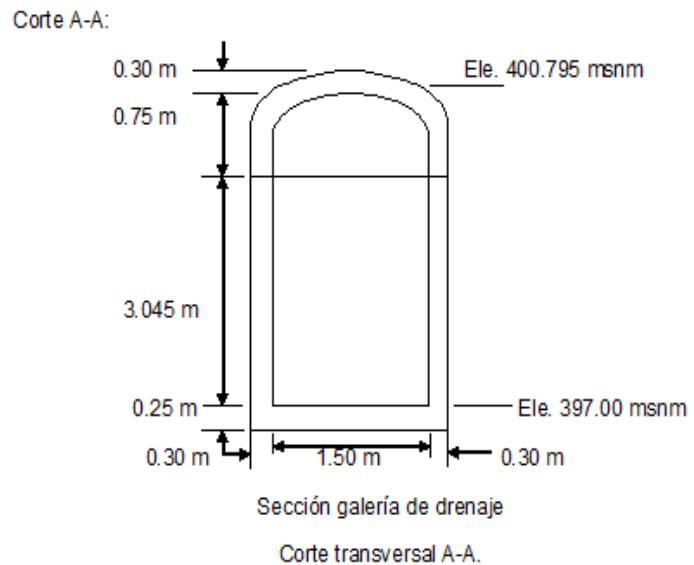
Nota: la sección del cárcamo que sirve de trampa para atrapar e impedir que la suciedad tape el cuerpo de tazones no se tomará en cuenta para efecto de cálculo del volumen.

El corte A-A nos muestra que la sección es idéntica a la del cárcamo de la segunda etapa por lo que tomaremos el resultado del cálculo del área.

Corte A-A

Esta sección tiene un área:

Área = 5.4511 m²



Ahora retomando el plano del cárcamo lo dividiremos en secciones y realizaremos el cálculo de la primera sección:

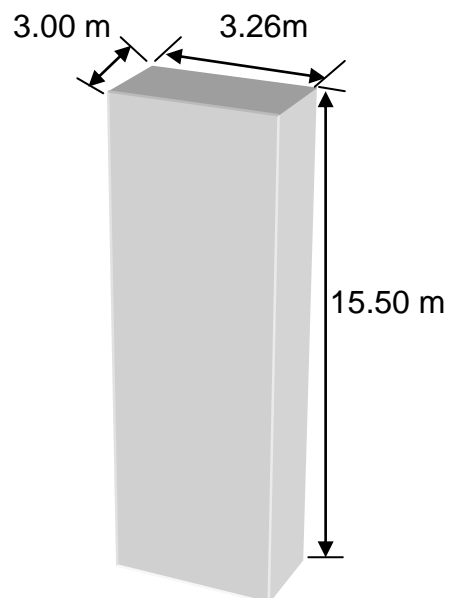
Sección 1

$Volumen_1 = \text{Área}_{\text{vista superior}} \times H_{\text{altura}}$

$Volumen_1 = (B_{\text{base}} \times A_{\text{ncho}}) \times H$

$Volumen_1 = (3.00 \text{ m} \times 3.26 \text{ m}) \times 15.50 \text{ m}.$

$Volumen_1 = 151.59 \text{ m}^3.$

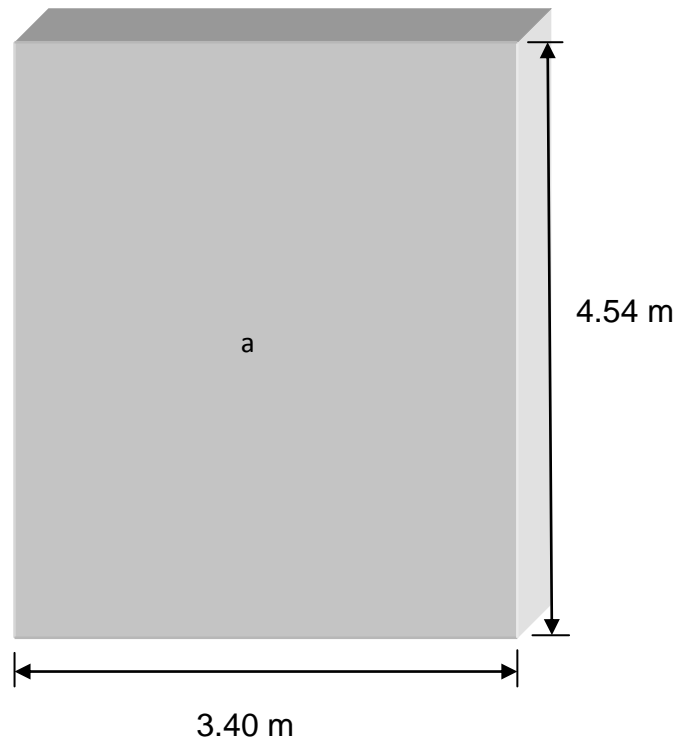


Sección 2

La sección 2 tiene una forma irregular que obliga a trazar figuras geométricas para obtener el área de la cara.

Para poder realizar los cálculos deberemos de trazar unas líneas y lo subdividiremos en otros perfiles.

Obteniendo primero el área de todo el perfil

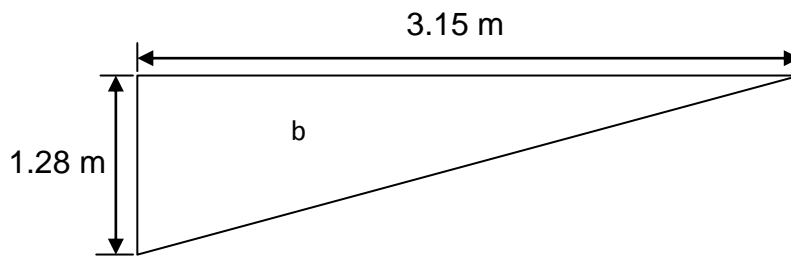


$$A_a = B \times H$$

$$A_a = 3.4 \text{ m} \times 4.54 \text{ m}$$

$$A_a = 15.436 \text{ m}^2$$

Obteniendo el área del perfil **b** es:

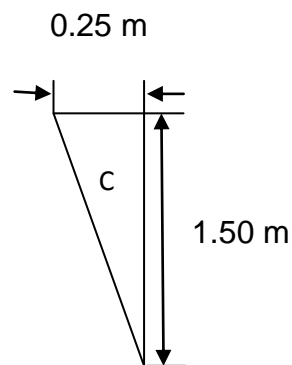


$$A_b = (B \times H) / 2$$

$$A_b = (3.15 \text{ m} \times 1.28 \text{ m}) / 2$$

$$A_b = 2.016 \text{ m}^2.$$

Obteniendo el área del perfil **c** es:



$$A_c = (B \times H) / 2$$

$$A_c = (0.25 \text{ m} \times 1.50 \text{ m}) / 2$$

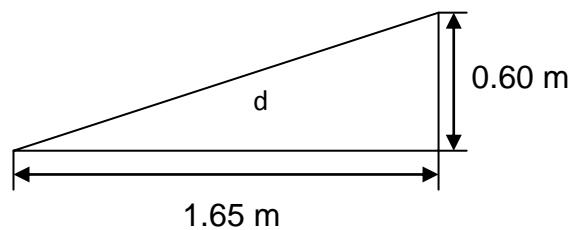
$$A_c = 0.1875 \text{ m}^2.$$

Obteniendo el área del perfil **d** es:

$$A_d = (B \times H) / 2$$

$$A_d = (1.65 \text{ m} \times 0.60 \text{ m}) / 2$$

$$A_d = 0.495 \text{ m}^2.$$

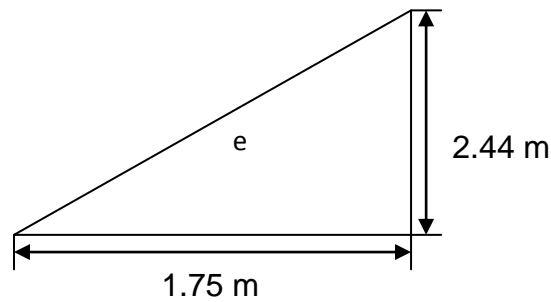


Obteniendo el área del perfil **e** es:

$$A_e = (B \times H) / 2$$

$$A_e = (1.75 \text{ m} \times 2.44 \text{ m}) / 2$$

$$A_e = 2.135 \text{ m}^2.$$

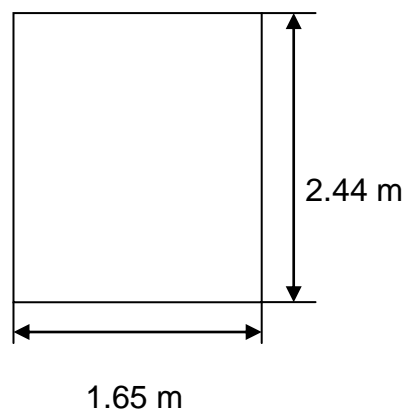


Obteniendo el área del perfil **f** es

$$A_c = (B \times H)$$

$$A_c = (1.65 \text{ m} \times 2.44 \text{ m})$$

$$A_c = 4.026 \text{ m}^2.$$



Ahora sumaremos las secciones b, c, d, e, f y el resultado de esta suma se lo restamos el área del cuadro a y obtendremos el área del perfil de la vista superior.

Entonces:

$$A_t = A_a - (A_b + A_c + A_d + A_e + A_f)$$

$$A_t = 15.436 \text{ m}^2 - (2.016 + 0.1875 + 0.495 + 2.135 + 4.026) \text{ m}^2$$

$$A_t = 6.5765 \text{ m}^2.$$

Una vez obteniendo el área del perfil obtenemos el volumen multiplicando el área del perfil por altura.

$$V_{\text{sección 2}} = (A_{\text{perfil total}} \times h_{\text{sección}})$$

$$V_{\text{sección 2}} = 6.5765 \text{ m}^2 \times 13.5 \text{ m}^2$$

$$V_{\text{sección 2}} = 88.78275 \text{ m}^3.$$

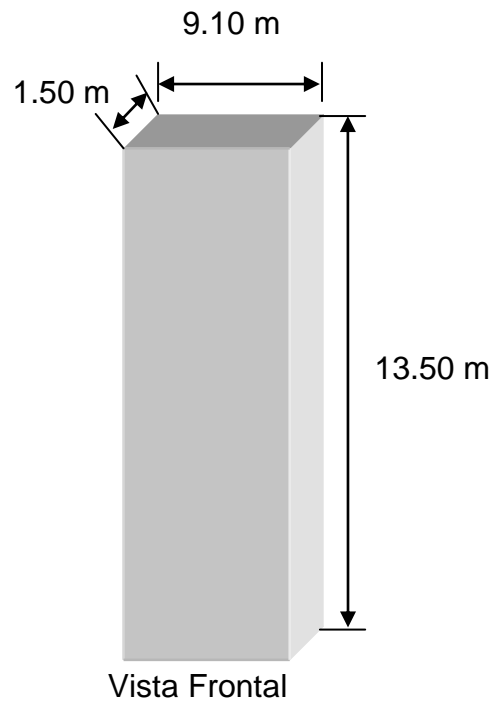
Cálculo sección 3

$$\text{Volumen}_3 = \text{Área}_{\text{vista superior}} \times H_{\text{altura}}$$

$$\text{Volumen}_3 = (B \times H) \times H$$

$$\text{Volumen}_3 = (9.10 \text{ m} \times 1.50 \text{ m}) \times 13.50 \text{ m}$$

$$\text{Volumen}_3 = 184.275 \text{ m}^3.$$



Cálculo sección 4

La sección 4 = sección 3

$$\text{Por lo tanto: } V_4 = 184.275 \text{ m}^3$$

Cálculo sección 5

La sección 5 = sección 3

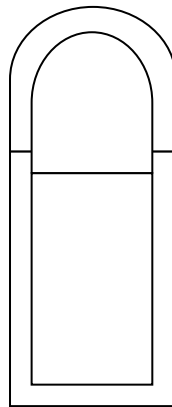
$$\text{Por lo tanto: } V_5 = 184.275 \text{ m}^3$$

Cálculo sección 6

$$V_6 = (A_{\text{perfil}} \times L_{\text{sección}})$$

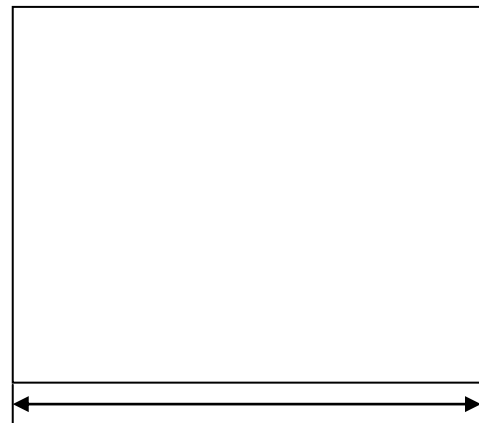
$$V_6 = 5.4510 \text{ m}^2 \times 6.4 \text{ m}$$

$$V_6 = 34.8864 \text{ m}^3.$$



$$A = 5.4510 \text{ m}$$

Vista Lateral



$$6.40 \text{ m}$$

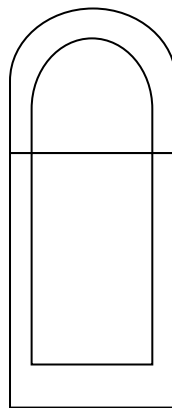
Vista Frontal

Cálculo sección 7

$$V_7 = (A_{\text{perfil}} \times L_{\text{sección}})$$

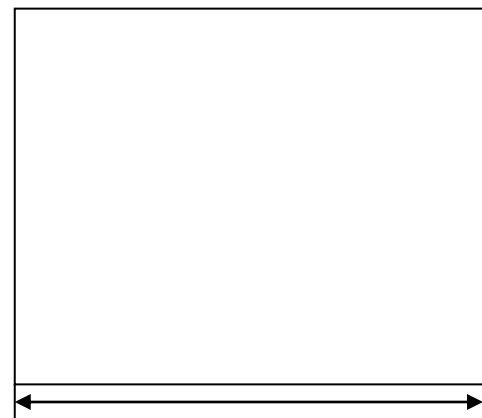
$$V_7 = 5.4510 \text{ m}^2 \times 10.90 \text{ m}$$

$$V_7 = 59.4159 \text{ m}^3.$$



$$A = 5.4511 \text{ m}^2$$

Vista Lateral



$$10.90 \text{ m}$$

Vista Frontal

Cálculo sección 8

La sección 8 = sección 7

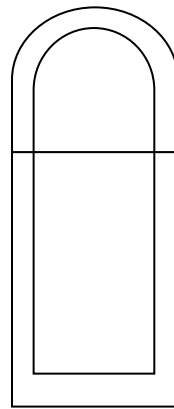
$$\text{Por lo tanto: } V_8 = 59.4159 \text{ m}^3$$

Cálculo sección 9

$$V_7 = (A_{\text{perfil}} \times L_{\text{sección}})$$

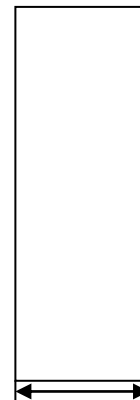
$$V_7 = 5.4510 \text{ m}^2 \times 10.90 \text{ m}$$

$$V_7 = 59.4159 \text{ m}^3.$$



$$A = 5.4511 \text{ m}^2$$

Vista Lateral



$$1.00 \text{ m}$$

Vista Frontal

Ahora sumaremos las secciones 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9. Y así obtenemos el área total de la 1er. Sección de casa de máquinas.

Volumen sección 1	151.5900 m ³
Volumen sección 2	88.78275 m ³
Volumen sección 3	184.2750 m ³
Volumen sección 4	184.2750 m ³
Volumen sección 5	184.2750 m ³
Volumen sección 6	34.8864 m ³
Volumen sección 7	59.4159 m ³
Volumen sección 8	59.4159 m ³
Volumen sección 9	5.4510 m ³
Total:	952.3669 m³

Tabla 3.-El volumen total del cárcamo de la 1er etapa de casa de máquinas es:

$$V_{\text{cárcamo 1er etapa}} = 952.3669 \text{ m}^3$$



Para poder obtener el volumen total de todo el cárcamo se suman los volúmenes finales:

Volumen cárcamo 1er etapa	952.3669 m ³
Volumen cárcamo 2 ^a etapa	863.9900 m ³
Volumen túnel de conexión	119.5000 m ³
Volumen total	1,935.8569 m³

Tabla 4.-*La capacidad total del cárcamo es de 1,935.8569 m³.*

Existe un nivel mínimo del cárcamo en el cual se mantiene regularmente la cantidad de agua que se está infiltrando al interior de casa de maquinas, pero como no se cuenta con un control estricto de este dato, procederemos a realizar el cálculo del volumen hasta este nivel.

Cálculo del volumen mínimo del cárcamo de drenaje.

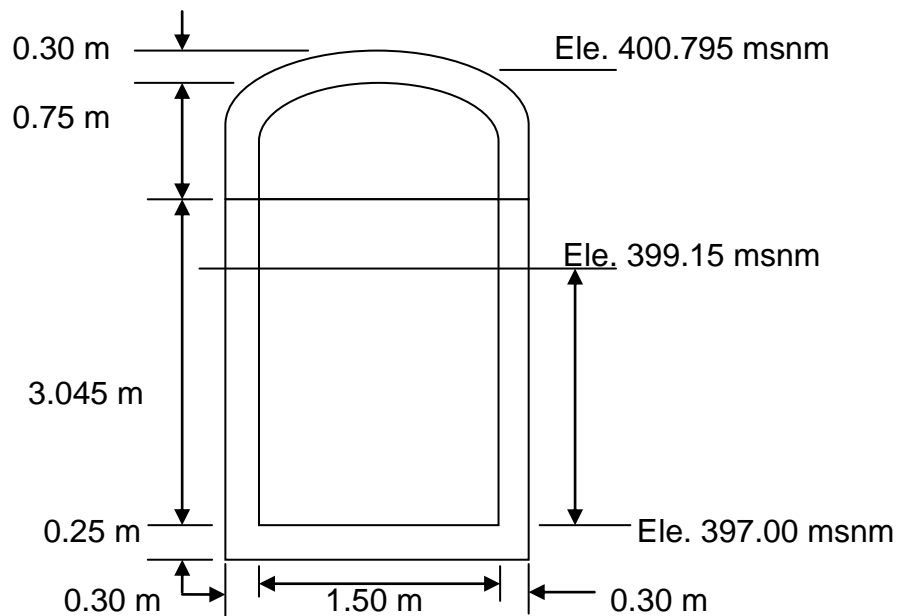
Cálculo de la 2ª etapa.

Los datos necesarios para realizar el cálculo fueron obtenidos del plano No. 298.8/5-c-28 (fig. 16). “casa de maquinas, cárcamo de drenaje”

A continuación tenemos el siguiente croquis del cárcamo:

Retomando las operaciones que se realizaron para calcular el volumen total del cárcamo. Obtendremos el volumen hasta el nivel mínimo. Modificando únicamente la altura.

Revisando el corte A-A notamos que tiene el siguiente perfil:



Sección galería de drenaje

Corte transversal A-A.

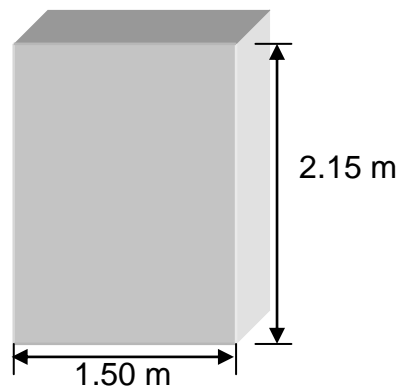
Ahora obtendremos el área de la sección hasta el nivel mínimo:

Área rectangular:

$$A_r = B \times H$$

$$A_r = 1.50 \text{ m} \times 2.15 \text{ m.}$$

$$A_r = 3.225 \text{ m}^2$$



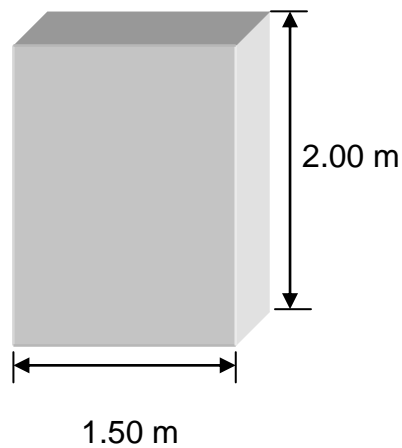
Nota: Las acotaciones están dada en metros y las elevaciones en metros sobre el nivel del mar.

Ahora obtendremos el corte transversal B-B del túnel que comunica al 1er. Con el 2ºdo. Cárcamo que aparecen en el primer croquis.

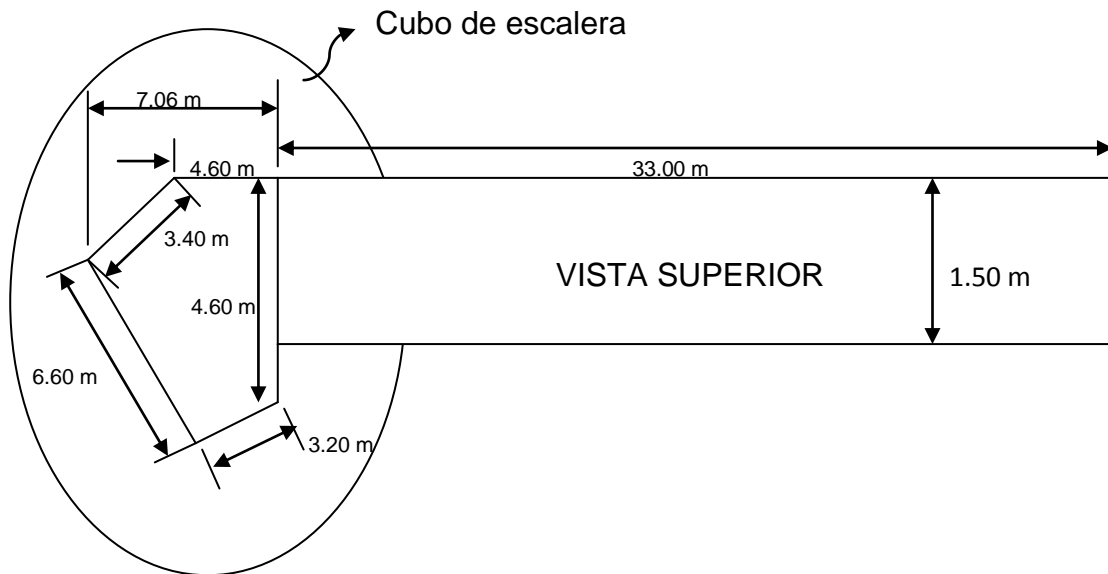
$$A_r = B \times H$$

$$A_r = 1.00 \text{ m} \times 2.00 \text{ m.}$$

$$A_r = 2.00 \text{ m}^2$$



Calculando el área del cubo de escalera de acceso al cárcamo de drenaje de 2ª etapa. Las medidas fueron tomadas del plano No. 298. 8/5 C-46.



Para obtener el volumen del cárcamo de drenaje de casa de maquinas de la 2ª etapa en su nivel mínimo, la dividiremos en secciones por lo tanto, considerando que las áreas obtenidas en los cálculos anteriores no son afectadas por esta altura, tomaremos los resultados de las áreas obtenidas en los cálculos anteriores de esta misma etapa.

Sumando las tres secciones:

$$A_t = A_1 + A_2 + A_3$$

$$A_t = 21.12 \text{ m}^2 + 10.925 \text{ m}^2 + 0.66 \text{ m}^2$$

$$A_t = 32.705 \text{ m}^2.$$

Nota: Las medidas del cubo de la escalera se obtuvieron en el campo de trabajo, pues no se encontraron planos que proporcionaran dichos datos.



Una vez obtenido las áreas de los perfiles y cortes del cárcamo del drenaje de la 2ª etapa podemos iniciar a calcular el volumen mínimo del cárcamo.

En la primera sección se desprecia el pequeño resaque o dren que sirve para atrapar la suciedad que pudiera tener el cárcamo y así evitar que pase por la bomba esta suciedad.

Sección 1:

$$\text{Volumen}_1 = A_b \times H$$

$$\text{Volumen}_1 = 32.705 \text{ m}^2 \times 2.15 \text{ m}$$

$$\text{Volumen}_1 = 70.31575 \text{ m}^3$$

Sección 2:

$$\text{Volumen}_2 = A_c \times L$$

$$\text{Volumen}_2 = 3.225 \text{ m}^2 \times 6.40 \text{ m}$$

$$\text{Volumen}_2 = 20.64 \text{ m}^3$$

Sección 3:

$$\text{Volumen}_3 = (a \times b) \times H$$

$$\text{Volumen}_3 = 6.60 \text{ m} \times 1.50 \text{ m} \times 2.15 \text{ m}$$

$$\text{Volumen}_3 = 21.285 \text{ m}^3$$

Sección 4:

$$\text{Volumen}_4 = A_{\text{cara}} \times L$$

$$\text{Volumen}_4 = 3.225 \text{ m}^2 \times 13.40 \text{ m}$$

$$\text{Volumen}_4 = 43.215 \text{ m}^3$$

Sección 5:

$$\text{Sección}_5 = \text{sección}_3$$

$$\text{Volumen}_5 = 21.285 \text{ m}^3$$

Sumando todas las secciones anteriores tenemos:

Sección 1 + sección 2 + sección 3 + sección 4 + sección 5

Volumen total = 70.315 + 20.64 + 21.285 + 43.215 + 21.285

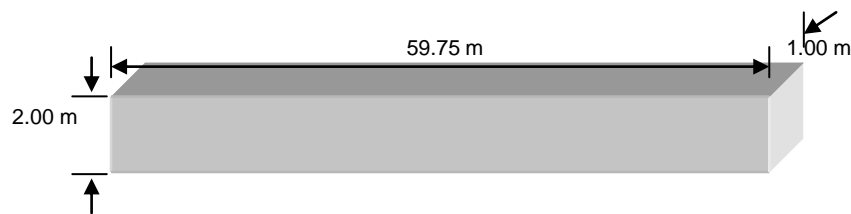
Volumen total = 176.74 m³

176.74 m³ = 176740.00 litros

Se puede decir que la capacidad de almacenamiento de agua hasta el nivel mínimo es de 176740.00 litros.

Nota: La capacidad calculada del cárcamo es hasta el nivel mínimo.

Túnel de conexión del 1er./ Con el 2do./ Cárcamo de drenaje



Volumen_{túnel} = Área_{vista lateral} x longitud

Volumen_{túnel} = (B x H) x longitud_{túnel}

Volumen_{túnel} = (1.00 m x 2.00 m) x 59.75 m

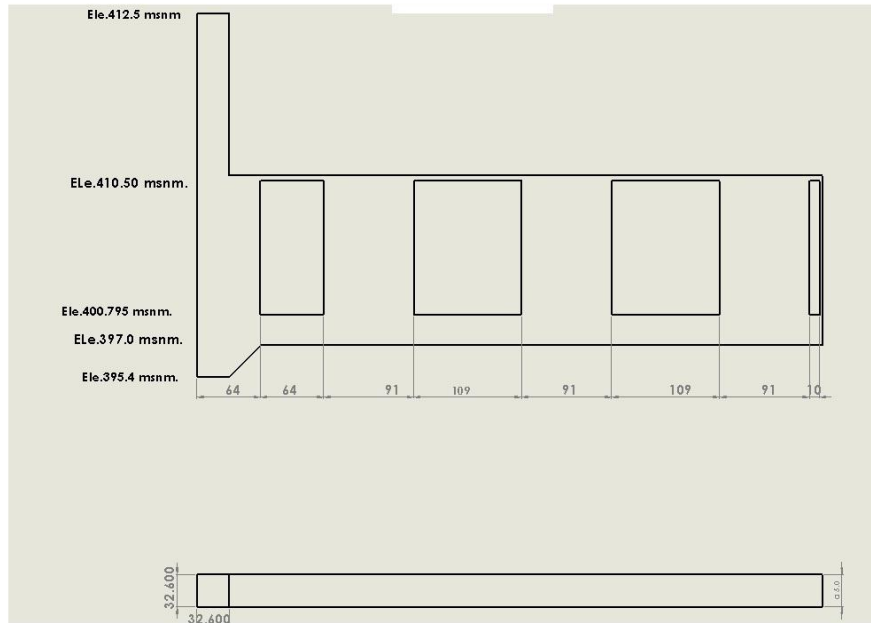
Volumen_{túnel} = 119.50 m³

Por lo tanto el volumen total de túnel de conexión es de:

Volumen_{túnel} = 119.50 m³.

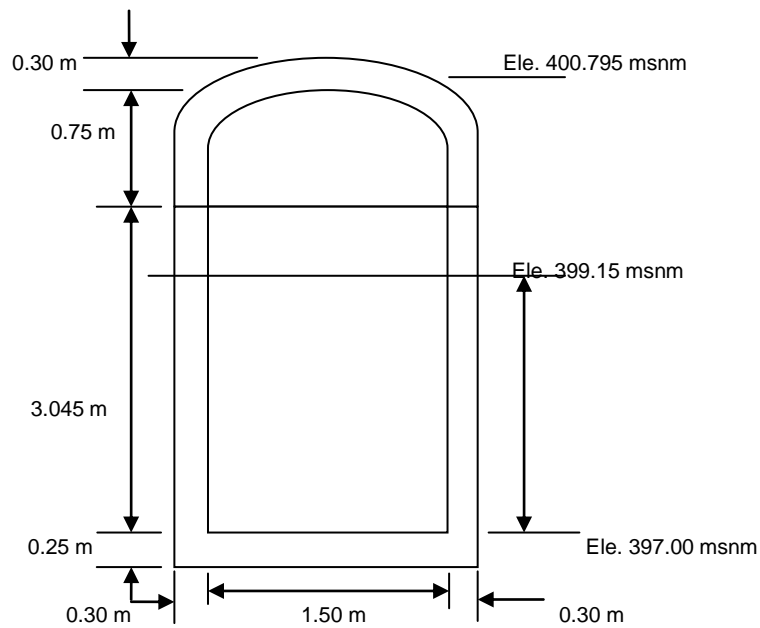
Cárcamo de drenaje de la 1ª etapa

Los datos mostrados fueron obtenidos de un conjunto de planos de toda la central que no tenían número de folio para el archivo pág. 51.



Nota: La sección del cárcamo que sirve de trampa para atrapar e impedir que la suciedad tape el cuerpo de tazones no se tomará en cuenta para efecto de cálculo del volumen.

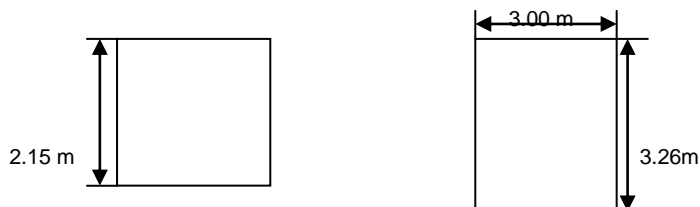
El corte A-A nos muestra que la sección es idéntica a la del cárcamo de la segunda etapa por lo que tomaremos el resultado del cálculo del área.



Sección galería de drenaje

Corte transversal A-A.

Ahora retomando el plano del cárcamo lo dividiremos en secciones y realizaremos el cálculo de la primera sección.



Sección 1:

$$\text{Volumen}_{\text{túnel}} = \text{Área}_{\text{vista superior}} \times H_{\text{altura}}$$

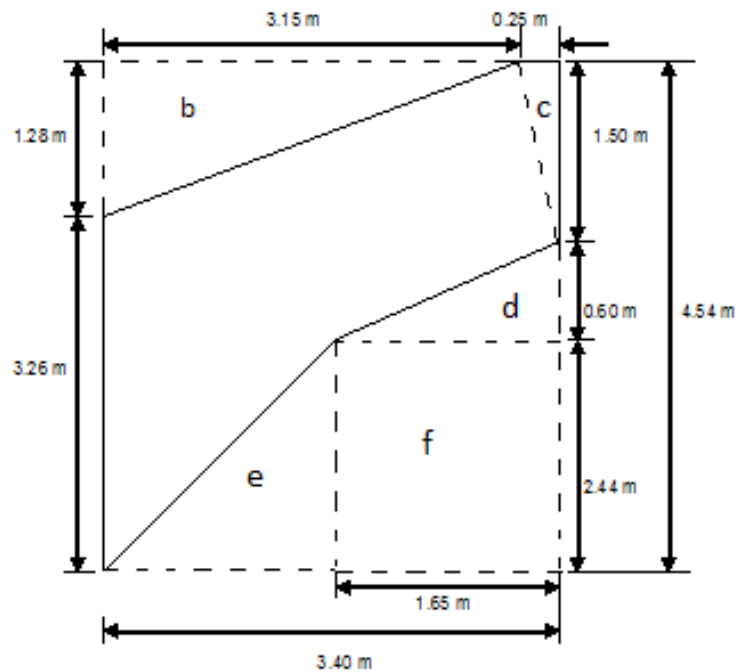
$$\text{Volumen}_1 = (B \times H) \times H$$

$$\text{Volumen}_1 = (3.00 \text{ m} \times 3.26 \text{ m}) \times 2.15 \text{ m}$$

$$\text{Volumen}_1 = 21.027 \text{ m}^3$$

Sección 2:

La sección 2 tiene una forma irregular que obliga a trazar figuras geométricas para obtener el área de la cara.



Para poder realizar los cálculos deberemos de trazar unas líneas y lo subdividiremos en otros perfiles.

Tomando los resultados obtenidos en los cálculos pasados de esta etapa, Sumamos las secciones b, c, d, e, f y el resultado de esta suma se lo restamos del área del cuadrado a y obtendremos el área del perfil de la vista superior.

Entonces:

$$A_t = A_a - (A_b + A_c + A_d + A_e + A_f)$$

$$A_t = 15.436 \text{ m}^2 - (2.016 + 0.1875 + 0.495 + 2.135 + 4.026) \text{ m}^2$$

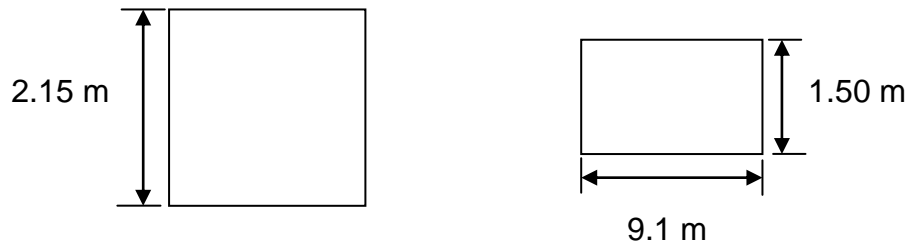
$$A_t = 6.5765 \text{ m}^2$$

Una vez obtenido el área del perfil obtenemos el volumen multiplicado el área del perfil por la altura.

$$S_{\text{sección 2}} = (A_{\text{perfil total}} \times H_{\text{Sección}})$$

$$S_{\text{sección 2}} = 6.5765 \text{ m}^2 \times 2.15 \text{ m}$$

$$S_{\text{sección 2}} = 14.1394 \text{ m}^3$$

Sección 3:

$$\text{Volumen}_3 = A_{\text{vista superior}} \times H_{\text{altura}}$$

$$\text{Volumen}_3 = (B \times H) \times H$$

$$\text{Volumen}_3 = (9.10 \text{ m} \times 1.50 \text{ m}) \times 2.15 \text{ m}$$

$$\text{Volumen}_3 = 29.3475 \text{ m}^3.$$

Sección 4:

La sección 4 = sección 3

$$\text{Por lo tanto } V_4 = 29.3475 \text{ m}^3.$$

Sección 5:

La sección 5 = sección 3

$$\text{Por lo tanto } V_5 = 29.3475 \text{ m}^3$$

Sección 6:

$$V_6 = (A_{\text{perfil}} \times L_{\text{sección}})$$

$$V_6 = 3.225 \text{ m}^2 \times 6.4 \text{ m}$$

$$V_6 = 20.64 \text{ m}^3.$$

Sección 7:

$$V_7 = (A_{\text{perfil}} \times L_{\text{sección}})$$

$$V_7 = 3.225 \text{ m}^2 \times 10.90 \text{ m}$$

$$V_7 = 35.1525 \text{ m}^3.$$

Sección 8:

La sección 8 = sección 7

$$\text{Por lo tanto } V_8 = 35.1525 \text{ m}^3.$$

Sección 9:

$$V_7 = (A_{\text{perfil}} \times L_{\text{sección}})$$

$$V_7 = 3.225 \text{ m}^2 \times 1.00 \text{ m}$$

$$V_7 = 3.225 \text{ m}^3.$$

Ahora sumamos las secciones 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9 obteniendo el área total del cárcamo de la 1ª. Sección de casa de maquinas.

Volumen sección 1	21.0270 m ³
Volumen sección 2	14.1394 m ³
Volumen sección 3	29.3475 m ³
Volumen sección 4	29.3475 m ³
Volumen sección 5	29.3475 m ³
Volumen sección 6	20.6400 m ³
Volumen sección 7	35.1525 m ³
Volumen sección 8	35.1525 m ³
Volumen sección 9	3.225 m ³
Total	217.3789 m³

Tabla5.- El volumen total del cárcamo de la 1ª. Etapa de casa de maquinas es: **217.3789 m³**.

Una vez obtenidos los volúmenes del túnel de conexión y de cada una de las etapas podemos obtener el volumen total hasta el nivel mínimo.

Volumen cárcamo 1er. Etapa	217.3789 m ³
Volumen cárcamo 2 ^a etapa	176.7407 m ³
Volumen túnel de conexión	119.5000 m ³
Volumen total	513.6196 m³

Tabla 6.-El volumen hasta el nivel mínimo total es de **513.6196 m³**.

Calculando el volumen total y mínimo del cárcamo se procederá a calcular el volumen de la tubería de presión, de la tubería de desfuegos y las infiltraciones.

Calculo del volumen en la tubería de presión.

Considerando que toda la tubería de presión es de sección circular, con una longitud de conducción total de 316.321 m, conformadas con dos tramos de diámetro diferentes y un caudal $Q = 200 \text{ m}^3/\text{seg}$, todo esto en base a los datos que el Ing. Víctor Antonio Fernández Nájera nos proporcionó por que la memoria técnica de la central se extravió.

El primer tramo cuenta con una longitud de 196.32 m con un diámetro de 8.70 m.

Calculando el volumen tenemos:

$$V_1 = \pi r^2 L$$

$$V_1 = \pi (4.35)^2 (196.32)$$

$$V_1 = 11670.6526 \text{ m}^3.$$

El segundo tramo cuenta con una longitud de 120.001 mts con un diámetro de 6.50 mts. Calculando el volumen tenemos

$$V_2 = \pi (3.25)^2 (120.001)$$

$$V_1 = 3982.00187 \text{ m}^3$$

Haciendo un volumen total de:

$$V_T = 11670.6526 + 3982.00187 = 15652.654539 \text{ m}^3$$

Volumen en la tubería de aspiración o desfogues.

Tomando referencias del anexo B, llegamos a los datos presentados a continuación.

$$V_1 = \frac{1}{3} \pi h (r^2 + r'^2 + rr')$$

$$V_1 = \frac{1}{3} \pi (32.724) [((5)^2 + (2)^2 + (2)(5))]$$

$$V_1 = 1136.471213 \text{ m}^3$$

$$V_2 = \pi r^2 h$$

$$V_2 = \pi (2)^2 (4.9 + 7.225)$$

$$V_2 = 152.36724 \text{ m}^3$$

$$V_3 = \frac{1}{3} \pi h (r^2 + r'^2 + rr')$$

$$V_3 = \frac{1}{3} \pi (13.355) [((3.5)^2 + 2^2 + (3.5)(2))]$$

$$V_3 = 325.158766 \text{ m}^3$$

Teniendo un volumen total en el tubo de aspiración de:

$$V_T = 1813.99 \text{ m}^3$$

Cálculo del tiempo de desalojo de líquido por las 7 bombas hasta llegar al nivel mínimo total.

El sistema de achique cuenta en su totalidad con 7 bombas de las cuales cinco cuentan con una potencia de 200 hp y un caudal de 2774 G.P.M las dos bombas restantes son de 25 hp con un caudal de 300 G.P.M, todos estos datos son obtenidos de placa de las bombas.

Conversiones.

1 Galón = 3.7854 Lts.

1 min = 60 seg.

$$2774 \text{ G.P.M} \left[\frac{3.7854 \text{ lts}}{1 \text{ Galon}} \right] \left[\frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} \right] = 175.0123 \frac{\text{lts}}{\text{seg}} = 0.1750123 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$$

$$300 \text{ G.P.M} \left[\frac{3.7854 \text{ lts}}{1 \text{ Galon}} \right] \left[\frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} \right] = 18.9271 \frac{\text{lts}}{\text{seg}} = 0.018927 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$$

Totales:

En las 5 bombas de 200 hp:

$$5 (175.0123 \text{ lts/seg}) = 875.06151 \text{ lts/seg} = 0.8750615 \text{ m}^3/\text{seg}$$

En las 2 bombas de 25 hp:

$$2(18.927 \text{ lts/seg}) = 37.8542 \text{ lts/seg} = 0.0378542 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Por lo tanto tenemos en el arreglo de las siete bombas una descarga total de:

$$875.0615 + 37.8542 = 912.9157 \text{ lts/seg} = 0.9129157 \text{ m}^3/\text{seg}.$$

Calculando del tiempo de vaciado total del cárcamo.

$$\left[\frac{1935.8569}{0.9129157} \right] = 2120.5209 \text{ seg} \left[\frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} \right] = 35.3420 \text{ min}$$

Sin filtraciones



Cálculo del tiempo de vaciado hasta el nivel mínimo.

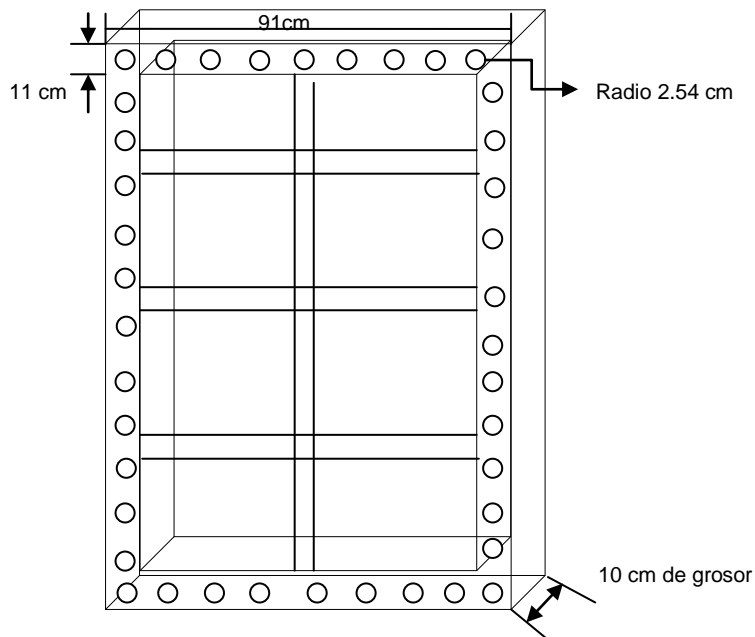
Tomando el volumen total de almacenaje del cárcamo y restándole el volumen hasta la rejilla del nivel mínimo, obtenemos el volumen a vaciarse para llegar al nivel mínimo, esto es:

$$1935.8569 - 513.6196 = 1422.2373 \text{ m}^3$$

$$\left[\frac{1422.2373 \text{ m}^3}{0.9129157 \text{ m}^3/\text{seg}} \right] = 1557.9064 \text{ seg} \left[\frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} \right] = 25.9651 \text{ min}$$

Cálculo de caudal por falla del empaque en la compuerta entrada hombre

Considerando que el caudal es constante debido a que esta en operación la maquina se calcula el gasto y velocidad en la compuerta entrada hombre, considerando Q_1 es el agua turbinada que fluye por el tubo de desfogue y Q_2 el gasto que se filtrará por la hendidura que cubre la empaquetadura en el perímetro de la compuerta cuyo espesor C_1 es de 0.1 m aproximadamente, suponiendo que el empaque se destruye totalmente, tendremos:



$$A_2 = 2(b + h) e.$$

$$A_2 = 2(1.375 \text{ m} + .91 \text{ m}) (.01 \text{ m})$$

$$A_2 = .0457 \text{ m}^2$$

$$A_2 = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$A_2 = \frac{\pi(5.28)^2}{4}$$

$$A_2 = 21.8956 \text{ m}^2$$

$$V_1 = \frac{200}{21.8956}$$

$$V_1 = 9.134236 \text{ m / s}$$

$$V_2 = \sqrt{2gh} = V_2 = \sqrt{2(9.81)(10.2185)} = V_2 = 14.1552 \text{ m/s}$$

$$Q_2 = A_2 V_2 = (0.0457) (14.1552) = Q_2 = 0.0457 \text{ m}^3 / \text{s}$$



Considerando que en las 5 turbinas falla el empaque el caudal entrante sería:

$$Q_T = 5(Q_2) = 5(0.0457 \text{ m}^3 / \text{s}) = .2285 \text{ m}^3 / \text{s}.$$

Se sabe que:

-En el arreglo de la 7 bombas, 5 de 200 hp y 2 de 25 hp se cuenta con un caudal de descarga de $0.9129157 \text{ m}^3 / \text{s}$.

-En caso de falla en el empaque de la compuerta de la compuerta se tiene que entraría un caudal de $0.0457 \text{ m}^3 / \text{s}$ considerando que se encuentra la unidad en operación.

-Un volumen total de almacenamiento en el cárcamo de 1935.8569 m^3 .

-El nivel del cárcamo siempre se mantiene a un nivel mínimo, el cual contiene un volumen de 513.6196 m^3 .

Por lo tanto procederemos a calcular en que tiempo se llenaría el cárcamo con las filtraciones constantes que se presenta en la planta y el líquido que entra por la compuerta, considerando que el nivel del cárcamo siempre se mantiene en su nivel mínimo.

Restando el volumen total y el volumen mínimo, obtenemos el volumen que tenemos de tolerancia para que el cárcamo se llene en su totalidad.

$$1,935.8569 - 513.6196 = 1,422.2373 \text{ m}^3.$$

Ahora se calcula el tiempo en el cual el caudal tardará en llenar el cárcamo

$$\frac{VOL_{tolerancia \text{ en } carcamo}}{Q_{entrante \text{ en } compuerta}} = \frac{1,422.2373}{.2285 \text{ m}^3/\text{s}} = 6,224.23326 \text{ s} \left[\frac{1 \text{ min}}{60\text{s}} \right] = 103.7372 \text{ min}$$

Una vez obteniendo estos datos, se hace una comparación del tiempo que tardará en llenarse el cárcamo (con las filtraciones y el caudal entrante en la compuerta) y el tiempo que tardan las bombas en achicar.

En donde el tiempo de achique de las bombas hasta el nivel mínimo es de 25.9310 min y el tiempo de llenado por las filtraciones y fugas en el empaque de las 5 compuertas de cada unidad (como un caso extremo) es de 103.73 min.

Considerando que el tiempo de llenado del cárcamo a causa de la fuga es 4 veces mas largo que el tiempo de achique, se muestra que el sistema de bombeo instalado en la central es capaz y suficiente para mantener el nivel del cárcamo en su nivel normal.



ANEXOS

ANEXO A

Equipos de trabajo del departamento mecánico



Prensa hidráulica



Taladro de banco



Esmeril con se pilladora de banco



Torno horizontal de 6 m bancada



Tarrajadora eléctrica



Taladro radial



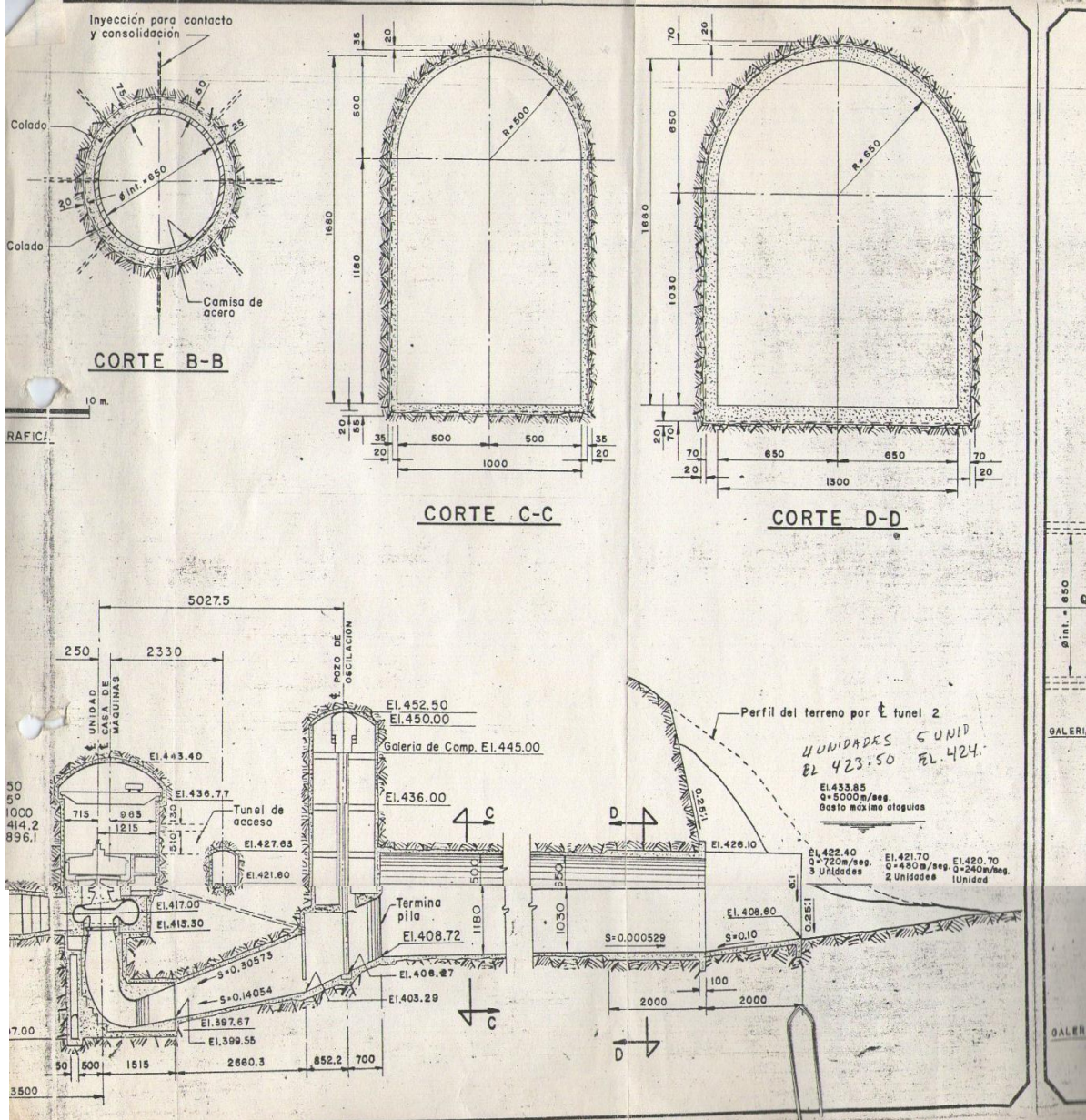
Segueta automática eléctrica

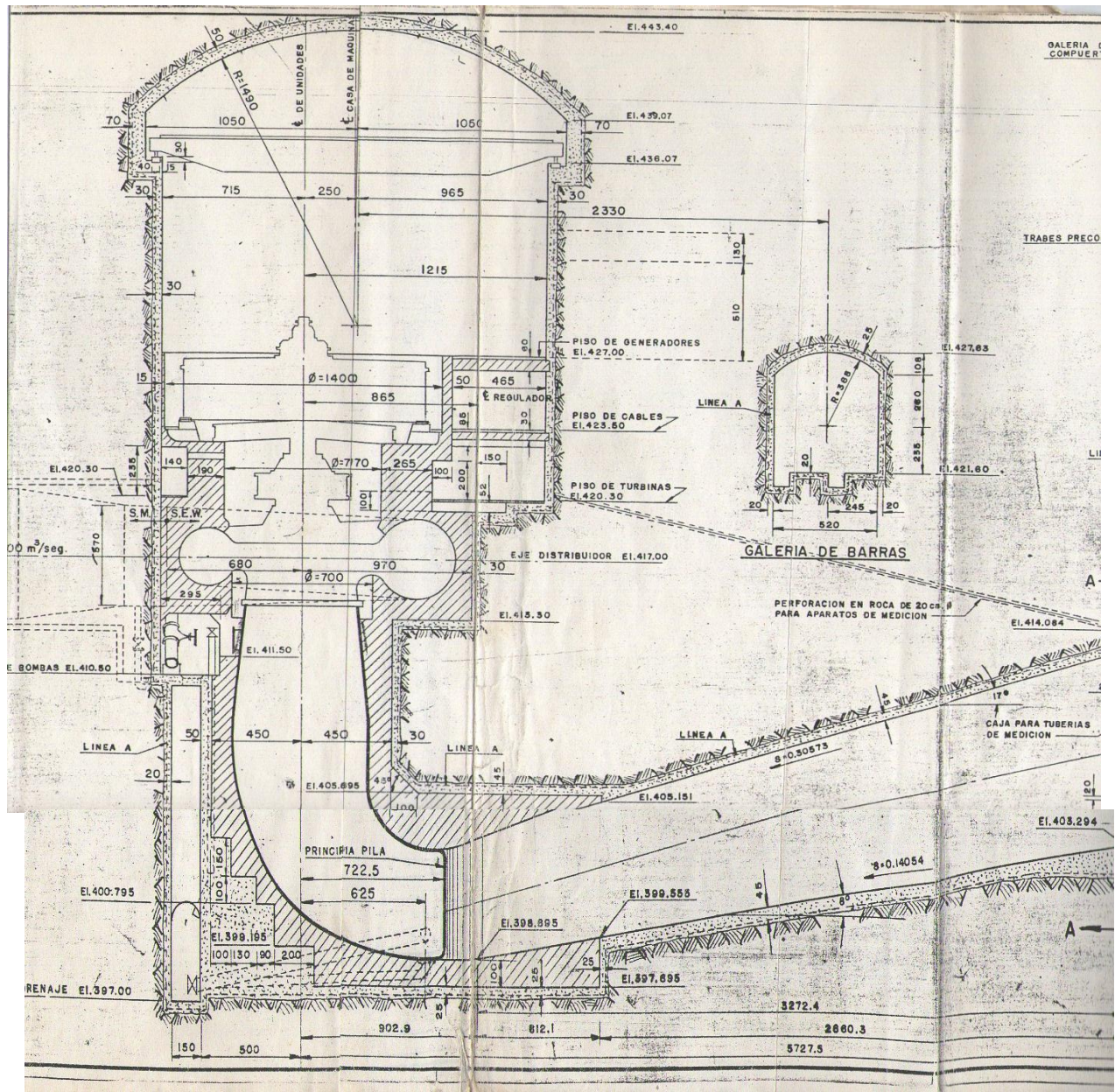


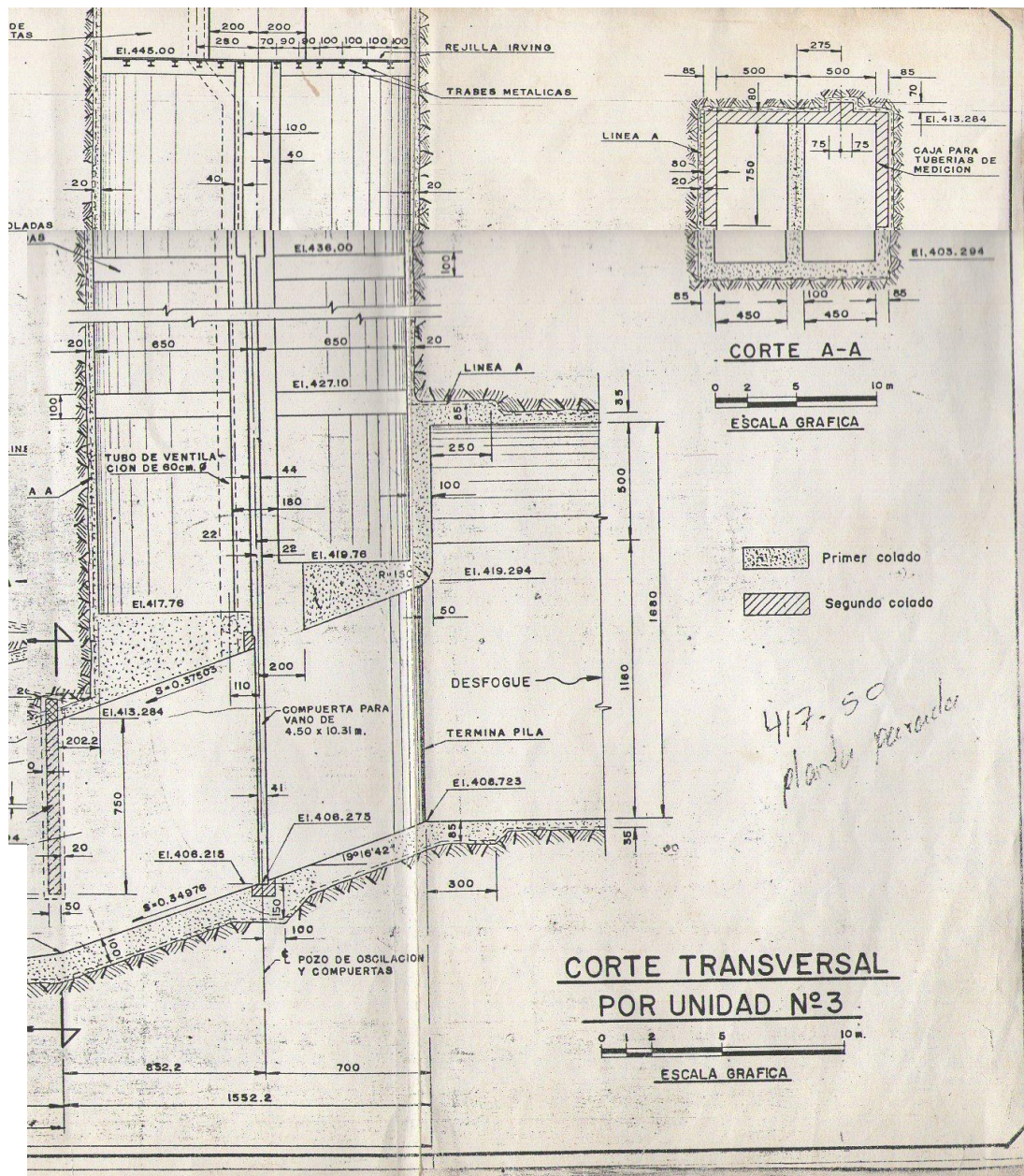
Cepilladora

ANEXO B

Esquema de los cárcamos medidos para realizar los cálculos anteriores









CFE *Una empresa
de clase mundial*

Gerencia Regional de Producción Sureste
Subgerencia Regional Hidro-Grijalva
C. H. Belisario Domínguez



OFICIO No. DMEC 010 - 2012
FECHA: 23 de Agosto de 2012
ASUNTO: Carta de Aceptación



ING. RODRIGO FERRER GONZÁLEZ
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE GESTIÓN TECNOLÓGICA Y VINCULACIÓN - ITTG

Por medio del presente le confirmo la aceptación al **C. Luis Ángel Gómez Esquinca** con No. de Control **08270167**, para realizar su Proyecto de Residencia en el departamento Mecánico de esta central con el Proyecto "**Cálculo de la capacidad de bombeo del sistema de achique del carcamo de la casa de maquinas**". A realizarse en el periodo Agosto – Diciembre de 2012.

Sin otro particular y agradeciendo su atención quedo de usted.

ATENTAMENTE


ING. VICTOR A. FERNANDEZ NAJERA
Jefe de Departamento Mecánico
C. H. B. D.

EXPEDIENTE / MINUTARIO





CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Podemos concluir que el sistema de achique conformado por 5 bombas de 200 hp 2 bombas de 25 hp, son suficiente para desalojar la cantidad de agua almacenada en el cárcamo ya sea por las filtraciones, o por alguna falla del empaque de las compuertas de entrada hombre en la galería de inspección, así también, podemos tener la certeza y confiabilidad que la capacidad de almacenamiento del cárcamo es suficiente con relación al tiempo necesario de operación de las bombas para desalojar todo este líquido y mantenerlo a un nivel permisible.

Con todo esto podemos decir que para el tiempo de desalojo del fluido, colocando una bomba más de 200 hp. En lugar de una de 25 hp, reduciría un tiempo aproximado de 4 minutos con respecto al arreglo actual, tómesese en cuenta que estaría trabajando todas las bombas de achique y no quedaría ninguna de respaldo, considerando que se tratara de una contingencia.

Realizando una observación al sistema de achique se puede sugerir la adaptación de un sistema de automatización de arranque y paro de las bombas de forma aleatoria, de modo que no trabaje siempre la misma bomba, esto haría más eficiente el sistema de bombeo.



FUENTES DE INFORMACIÓN:

**[HTTP://WWW.ENTRADAS.ZONAINGENIERIA.COM/2009/05/TURBINASFRA
NCIS.HTML#](http://www.entradas.zonaingenieria.com/2009/05/turbinasfrancis.html) COMPONENTES DE UNA TURBINA FRANCIS.**

**MECÁNICA DE FLUIDOS Y MAQUINAS HIDRÁULICAS/ SEGUNDA
EDICIÓN / CLAUDIO MATAIX.**

**APORTACIONES DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA BELISARIO
DOMÍNGUEZ /POR PARTE DEL DEPARTAMENTO MECÁNICO Y CIVIL.**