

110  
2y



# Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA

MONTAJE DE LA TUBERIA DE PRESION  
DEL PROYECTO HIDROELECTRICO  
"AGUA PRIETA, JAL."

T E S I S  
Que para obtener el Título de  
INGENIERO CIVIL  
p r e s e n t a

JOSE LUIS DEL POZZO MAGAÑA



DIRECTOR DE TESIS:  
ING. RAFAEL ABURTO VALDES

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

México, D. F.

1991



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## CAPITULO I

### "DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO DE AGUA PRIETA"

- I.1. INTRODUCCION
- I.2. REVISION DE ESTUDIOS, ANTECEDENTES Y DIAGNOSTICO
  - I.2.1. RECOPIACION DE INFORMACION
  - I.2.2. ESTUDIOS GEOLOGICOS
  - I.2.3. ESTUDIO HIDROLOGICO
  - I.2.4. CALIDAD DEL AGUA
  - I.2.5. ALTERNATIVAS PRELIMINARES
- I.3. PLANTEAMIENTO Y ANALISIS DE ALTERNATIVAS DESARROLLADAS POR EL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL DEL P.H.
  - I.3.1. ALTERNATIVA LOS OTATES
  - I.3.2. ALTERNATIVA AGUA GRANDE
- I.4. ALTERNATIVA SELECCIONADA
  - I.4.1. LOCALIZACION DEL PROYECTO
  - I.4.2. ETAPAS DE CONSTRUCCION
  - I.4.3. AGUAS DE LLUVIA
  - I.4.4. ESTUDIOS PRELIMINARES
    - a) GEOLOGICOS
    - b) TOPOGRAFICOS
- I.5. DESCRIPCION DE LAS OBRAS
  - I.5.1. CAPTACION PRINCIPAL
  - I.5.2. CAPTACIONES SECUNDARIAS
  - I.5.3. OBRA DE TOMA Y CONDUCCION
  - I.5.4. TANQUE DE REGULACION
  - I.5.5. TUBERIA DE PRESION
  - I.5.6. CASA DE MAQUINAS
  - I.5.7. SUBESTACION ELECTRICA
  - I.5.8. CAMINOS Y ACCESOS

**CAPITULO II.****" DESCRIPCION DE LA TUBERIA DE PRESION "**

- II.1. CARACTERISTICAS GENERALES
- II.2. DESCRIPCION TRAMO 1.
- II.3. DESCRIPCION TRAMO 2.
- II.4. DESCRIPCION TRAMO 3.
- II.5. DESCRIPCION TRAMO 4.
- II.6. DESCRIPCION TRAMO 5.
- II.7. DESCRIPCION TRAMO 6.
- II.8. DESCRIPCION TRAMO 7.
- II.9. DESCRIPCION TRAMO 8.
- II.10. DESCRIPCION TRAMO 9.
- II.11. DESCRIPCION TRAMO 10.
- II.12. DESCRIPCION TRAMO 11.
- II.13. DESCRIPCION TRAMO 12.
- II.14. DESCRIPCION TRAMO 13.

## CAPITULO III

## " CALCULOS DE LA TUBERIA DE PRESION "

- III.1. ANTECEDENTES
- III.2. CALCULO DE LAS TUBERIAS DE PRESION EN ROCA REVESTIDAS DE CONCRETO.
- III.3. CALCULO DE PRESIONES INTERIORES Y EXTERIORES
  - III.3.1. CALCULO DE PRESIONES INTERIORES
  - III.3.2. CALCULO DE PRESIONES EXTERIORES
    - III.3.2.1. CONDICIONES DE CALCULO Y FABRICACION  
CALCULO DE ESPESORES
    - III.3.2. SOLDADURA
- III.4. ESFUERZOS EN LOS APOYOS
- III.5. DEFINICION DE " PATIN EQUIVALENTE "
- III.6. ESFUERZO EQUIVALENTE
  - III.6.1 ESFUERZO EQUIVALENTE EN LOS APOYOS

**CAPITULO IV**  
**" MONTAJE DE LA TUBERIA DE PRESION "**

**IV.1. CONDICIONES GEOLOGICAS DEL TERRENO.**

**IV.2. DATOS DE DISEÑO DE LA TUBERIA A PRESION.**

**IV.3. ATRAQUES.**

**IV.4. PROCEDIMIENTOS PARA EL MONTAJE DE LA TUBERIA A PRESION.**

**IV.5. PROCEDIMIENTO DE MONTAJE EN LOS DIFERENTES FRENTE.**

## **CAPITULO V**

### **CONCLUSIONES**

#### **V.1. CONCLUSIONES**

**CAPITULO I****" DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO AGUA PRIETA "****I.1. INTRODUCCION.****ANTECEDENTES**

Con el propósito de contar con una fuente más de energía eléctrica que ayude a satisfacer la demanda debida al crecimiento urbano e industrial de la zona Metropolitana de Guadalajara, Jal., la Comisión Federal de Electricidad ha estudiado la factibilidad de llevar a cabo un proyecto hidroeléctrico que, utilizando las aguas residuales que se generan en esa zona metropolitana, se aproveche el desnivel de aproximadamente 500 metros existente entre las descargas provenientes de la Ciudad de Guadalajara, Jal. y el río Santiago.

Por tratarse de una planta de alta caída y encontrarse tan cerca al segundo centro con mayor población del país, y por las características que presenta en la región la curva de demanda de energía eléctrica; se considera a este aprovechamiento ideal para proporcionar energía de picos. Esta demanda máxima ocurre entre las 19 y 23 hrs. aproximadamente y por tal razón, operará durante 5 horas diariamente. Es importante hacer notar que conforme los requerimientos de agua potable de la Zona Metropolitana se vaya incrementando, las descargas de las aguas negras irán también aumentando.

Esta situación conduce a que el proyecto sea desarrollado en varias etapas, siendo de la mayor importancia para la economía del proyecto el determinar la fecha de cada ampliación y el análisis cuidadoso de las obras que deberán efectuarse en cada una de esas etapas.

Con anterioridad se han realizados diversos estudios con el fin de analizar las posibles alternativas del proyecto, estos estudios han sido efectuados tanto por la Sugerencia de Ingeniería Civil y Geotécnica de las entonces Gerencia General de Estudios e Ingeniería Preliminar como por la Compañía Proyectos Intual a quien le fue encomendado el estudio de factibilidad y el anteproyecto.

En 1980 Intual presentó una memoria titulada " Estudios de Factibilidad y Anteproyectos de las obras para el aprovechamiento hidroeléctrico que utilizará las descargas de las aguas negras del área metropolitana de la Ciudad de Guadalajara, Jal., en esta memoria se hizo una revisión de los diferentes aprovechamientos hidroeléctricos que la C.F.E. tenía determinados en la zona, así como los que la propia compañía había identificado como posibles. Además se hizo un examen de las cartas topográficas y geológicas con el fin de localizar algunos nuevos o mejorar los ya identificados. La zona de estudio se extendió hasta las proximidades de la planta de Santa Rosa, identificándose 14 posibles vasos. A partir de ellos se localizarán esquemáticamente las obras correspondientes a 7

aprovechamientos factibles, a saber:

- I. El Caballito
- II. Río Blanco
- III. Agua Prieta
- IV. Agua Zarca
- V. La Soledad
- VI. Milpillas
- VII. Santa Rosa

De la evaluación de los 7 esquemas mencionados resulta que las mejores alternativas son la No. 1 (El Caballito) y la No. 3 (Agua Prieta) por resultar las más convenientes.

## I.2. REVISION DE ESTUDIOS, ANTECEDENTES Y DIAGNOSTICO.

### I.2.1. RECOPIACION DE INFORMACION.

Los datos hidroeléctricos fundamentales se obtuvieron de registros de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

Los aspectos topográficos fueron obtenidos de la Secretaría de Programación y Presupuesto, las cartas editadas por la Dirección de Estudios del Territorio Nacional en sus aspectos topográfico, geológico y uso del suelo.

La información relativa a la calidad del agua se obtuvo en la Residencia de Protección y Ordenación Ecológica de la Representación de Jalisco de la SARH.

Lo referente a la demografía se obtuvo del Departamento de Planeación y Urbanización del Estado. Este aspecto es fundamental ya que del crecimiento mayor o menor de la población dependen directamente los caudales que se captarán en la la planta hidroeléctrica.

### I.2.2. ESTUDIOS GEOLOGICOS.

Los aspectos geológicos fueron hechos directamente por C.F.E. quien estableció una Residencia de Geología en la Cd. de Guadalajara.

### I.2.3. ESTUDIO HIDROLOGICO.

Se hizo un estudio hidrológico que tenía como objetivo proponer los caudales de diseño actuales y futuros derivados de las descargas del sistema de alcantarillado que está constituido en forma combinada de drenaje sanitario y de aguas pluviales. Dentro de este estudio se hizo un análisis de las áreas de cuencas, de la variación de los caudales horaria-diaria y mensual y una estimación a caudales futuros basada en el crecimiento de la población y del uso del suelo.

### I.2.4. CALIDAD DEL AGUA.

Los problemas que emanan del manejo de agua residual en el

proyecto, hacen necesario un conocimiento amplio tanto en las características físico-químicas y biológicas como de su comportamiento en el proceso que van a tener en toda la vida útil de la planta.

Se hizo una serie de muestreos en la etapa inicial en tres sitios efectuándose los análisis correspondientes.

De esos resultados se consideró que el problema requería un mejor conocimiento, para lo cual, se solicitó al Laboratorio de C.F.E. se llevará a cabo un programa exhaustivo de muestreos y análisis de estas aguas, tratando de reproducir cada una de las situaciones por las que pasará el agua. Se tomaron en cuenta las siguientes condiciones:

a) La calidad del agua es muy variable, no solo durante las distintas horas del día, sino en diferentes días de la semana y en diferentes meses del año, esto llevo a que el muestreo fuera programado en diferentes horas del día y durante un año mínimo.

b) El lugar en donde se tomo la muestra fue necesario correspondiera precisamente al inicio de la conducción ya que previamente algunos sólidos en suspensión del agua se habrán asentado y el proceso previo de aereación se habrá efectuado.

c) El agua que se va a manejar es un agua mezclada en ciertas proporciones de sólidos, de acuerdo a los caudales que se aportan; el laboratorio deberá reproducir estas mezclas adecuadamente.

d) El agua tendrá un tiempo de permanencia en cada una de las partes del proyecto manejándose a velocidades diferentes, incluso un período de reposo en el tanque regulador, esto tendrá consecuencia en la variación de la calidad del agua.

e) El agua estará en contacto con diferentes materiales y será necesario conocer en que grado puede afectarlos.

#### 1.2.5 ALTERNATIVAS PRELIMINARES.

Analizando cada una de las componentes de las alternativas ( Obras de Derivación, Captación, Conducción, Vaso Regulador, Conducción al Pozo de Oscilación, Tubería a Presión y Casa de Máquinas ) se encontró que todas las alternativas pueden ser comparadas bajo las mismas condiciones, en todas se manejaron dos etapas de construcción, la primera entrando en operación en 1989 con un caudal medio de  $11 \text{ m}^3/\text{s}$ , la segunda en el año 2000, para un caudal medio de  $20.4 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Las características geométricas e hidráulicas fueron iguales para todas las alternativas, la conducción se diseño para  $18 \text{ m}^3/\text{s}$  en una primera etapa y  $36 \text{ m}^3/\text{s}$  en la segunda. El factor de planta que se manejó en estas alternativas fue de 0.3, tomándose en cuenta en la evaluación de cada alternativa el aumento del factor de planta a través del tiempo.

### I.3. PLANTEAMIENTO Y ANALISIS DE ALTERNATIVAS DESARROLLADAS POR EL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL DE P.H.

#### I.3.1. ALTERNATIVA " LOS OTATES ".

En esta alternativa la captación de la la. parte de la conducción hasta la llegada al arroyo seco (antes del poblado Arroyo Hondo) se conservarán de acuerdo a la del vaso de Agua Prieta.

A partir de este punto de conducción sigue una trayectoria con un rumbo sensiblemente norte atravesando las cañadas del arroyo hondo, la del río Blanco con dos sifones de 0.78 y 2.3 km aproximadamente de longitud.

Se llega a un tanque artificial labrado en roca en su mayor parte y ubicado en el lugar donde en la alternativa de Agua Prieta consideraba la construcción de un Pozo de Oscilación.

A partir del tanque de regulación la tubería a presión y casa de máquinas también coinciden en concepción y ubicación con el vaso de Agua Prieta.

Con esta alternativa se lograron algunas ventajas sobre la anterior y entre ellas se pueden mencionar las siguientes:

1o. Una longitud menor de la conducción por gravedad pues se estima esta en 12 km incluyendo 3.08 km de sifones con una menor pérdida de carga y desde luego un menor tiempo de construcción, factor que resultará muy importante en la utilización del proyecto.

2o. Longitud de túnel mucho menor.

3o. Se eliminan todos los problemas geológicos, hidrológicos y ecológicos ya que el tanque será construido en una roca firme.

4o. En general, los caminos de construcción se reducirán al mínimo debido a que el desarrollo del proyecto es paralelo a la carretera de Zacatecas.

5o. La eliminación total de la conducción a presión hasta el pozo de oscilación así como el pozo de oscilación mismo.

A pesar de las ventajas que se mencionan se encontró que el costo de la construcción del tanque y el elevado costo de los sifones traían como consecuencia que el presupuesto para esta alternativa resultara del mismo orden que la del vaso de Agua Prieta no siendo el factor económico el determinante de la selección de la mejor alternativa.

#### I.3.2. ALTERNATIVA " AGUA GRANDE ".

Dada la facilidad de construir un tanque artificial en lugar más cercano a la captación que la alternativa "El Caballito" resulta más económica, se estudió una nueva alternativa que no

teniendo los problemas ecológicos de la mencionada, si en cambio pudiese eliminar la construcción de cuando menos el sifón de la cañada de río Blanco.

La captación y la primera parte de la conducción hasta el poblado de arroyo hondo en la boca del colector actual será la misma que la considerada para la alternativa de Agua Prieta.

La conducción, mediante un túnel de 1200 m, llega al tanque regulador en la meseta de Agua Grande mencionada anteriormente.

A partir del tanque y con rumbo norte se planea una tubería a baja presión hasta llegar a una pequeña colina a un kilómetro del tanque en donde se ubicaría el Pozo de Oscilación.

La casa de máquinas se construiría en dos etapas fundamentalmente y quedará para un estudio más detallado la posibilidad de manejar 2, 3 ó 4 unidades en una etapa final.

#### 1.4. ALTERNATIVA SELECCIONADA.

Tomando en consideración el análisis económico realizado, los efectos ambientales y los problemas socio-políticos, factores todos que influyen en la evaluación de las alternativas, se seleccionó como más conveniente la de Agua Prieta. Desde el punto de vista puramente económico resultó más económico la alternativa de El Caballito; sin embargo, la construcción de los vasos de almacenamiento en el Caballito presentaba un problema de difícil solución ya que dicho vaso está muy próximo a la zona urbana de Guadalajara.

En esta alternativa que correspondía básicamente al de Ingeniería Preliminar se tenían algunos problemas a resolver y estos eran los siguientes:

1o. Captaciones dentro de la zona urbana de Guadalajara en la caja de San Juan de Dios, aguas arriba de la presa Hedionda, donde descargan los colectores de San Juan de Dios, subcolector auxiliar y Patria Oriente.

Obras de la caja de Atemajac para poder manejar las aguas de lluvias por el arroyo Atemajac y captar los colectores intermedio del Poniente, Patria Oriente y La Patria encauzando estos últimos hasta la caja y rehabilitando el Patria Oriente en su último tramo.

2o. Una conducción por gravedad de 14.2 km de longitud con problemas geológicos ya detectados en más de dos kilómetros de ella, además, de los que resulten durante la construcción.

3o. El vaso de almacenamiento geológicamente presentaba problemas potenciales de filtraciones que había que resolver. El manejo de los azolves que se hace necesario en el vaso dada la poca capacidad de él, representa el mayor de los problemas. Este manejo se pensaba solucionar a base de desarenador que descargaría en el arroyo Agua Prieta. Los posibles problemas

ecológicos no estaban resueltos satisfactoriamente.

4o. Una conducción a presión partiendo del vaso en una zona de fanglomerados representaba un problema geológico de difícil solución. La longitud de esta conducción era de 6.4 km antes de llegar a un pozo de oscilación de 18 metros de diámetro y 82 m de altura.

#### I.4.1. LOCALIZACION DEL PROYECTO.

La zona del proyecto se localiza en las inmediaciones de la Cd. de Guadalajara, Jal., entre los meridianos 103°15' y 103°21' de longitud oeste y los paralelos 20°42' y 20°48' de latitud norte, en los municipios de Zapopan y Guadalajara. (VER CROQUIS DE LOCALIZACION)

#### I.4.2.

##### ETAPAS DE CONSTRUCCION.

Del estudio hidrológico y de los tiempos lógicos de construcción y de operación, se consideraron tres fechas clave dentro del desarrollo del proyecto: Año 1989 entrada en operación de la primera etapa utilizando un gasto medio de 11 m<sup>3</sup>/s, que será regularizada en un tanque de almacenamiento para obtener un gasto de diseño de 54.7 m<sup>3</sup>/s para alimentar 2 unidades de 122.5MW, correspondiendo a un factor de planta inicial de 0.21; Año 2000, como la entrada en operación de una segunda etapa utilizando un gasto medio de 18.6 m<sup>3</sup>/s con una ampliación en el tanque regulador y un gasto de diseño de 81.9 m<sup>3</sup>/s alimentando un total de 3 unidades de 122.5 MN con un factor de planta inicial de 0.22; Año 2005, como la entrada en operación y una de una tercera etapa para un gasto medio de 24.03 m<sup>3</sup>/s y una unidad adicional de 122.5 MN, el gasto de diseño correspondiente a cada unidad será de 27.3 m<sup>3</sup>/s totalizado 109.2 m<sup>3</sup>/s. El factor de planta inicial para esta 3a. etapa será de 0.22.

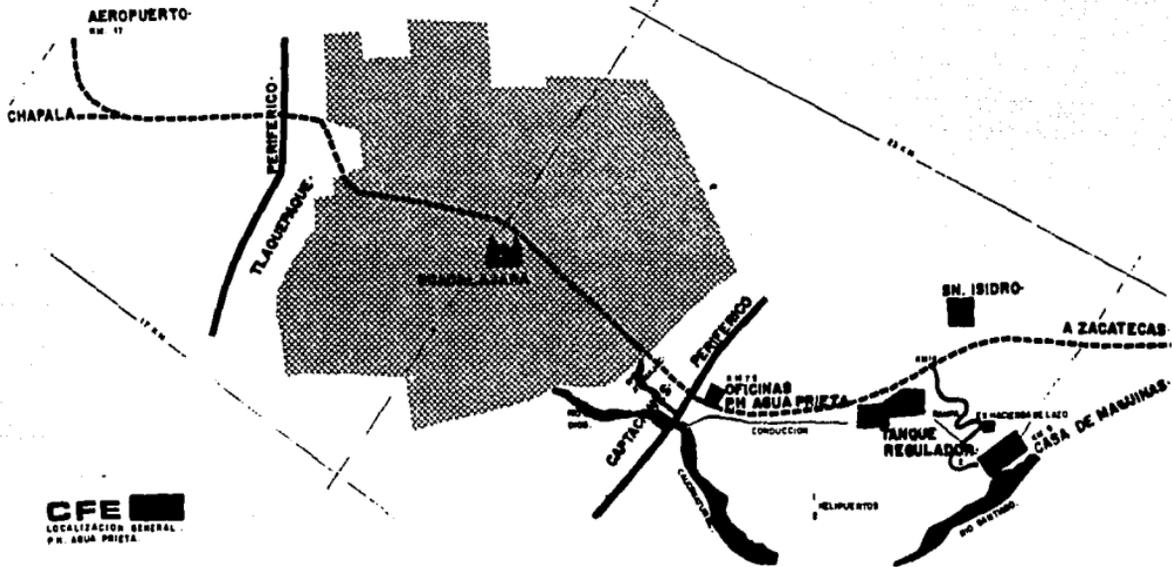
#### I.4.3. AGUAS DE LLUVIAS.

Dentro del proyecto, la captación y aprovechamiento de las aguas de lluvias constituye un objetivo secundario, y no regirán en el diseño, sólo deberán influir en un aumento en las dimensiones de las obras, cuando sean plenamente justificadas. Por otra parte se deberán tomar en cuenta para su manejo en las captaciones y su aprovechamiento en limpieza de desarenadores, también será muy importante considerarlas en el periodo de construcción para el adecuado diseño de los desvíos.

#### I.4.4. ESTUDIOS PRELIMINARES.

##### a) GEOLOGICOS.

Contándose a la fecha con un estudio geológico superficial bastante completo de la zona, así mismo con una serie de barrenos a lo largo de la conducción que se traduce en perfiles geológicos de la conducción, tubería a presión y casa de máquinas. Se



**CFE**  
LOCALIZACION GENERAL  
P.H. AGUA PRIETA

efectuaron estudios complementarios en la zona de la rampa de la tubería a presión y de la casa de máquinas a fin de conocer al detalle las condiciones geológicas de esta parte del proyecto.

En general puede decirse que tanto la captación como la conducción quedarán alojadas en basalto de buena calidad, no esperándose problemas de derrumbes a lo largo de los túneles.

El tanque será desplantado en riolita y solamente habrá que tomar en cuenta las filtraciones en esta roca cuando se aloje en él, el agua por regular.

En la rampa de la tubería a presión que irá superficialmente afloran rocas del tipo riolita vitrea, riolita fluvial esferulítica, andesita basáltica, brecha basáltica y tobas arenosas.

Deberán considerarse dentro de la distribución de silletas y machones estas características para poder desplantarlas adecuadamente.

#### b) TOPOGRAFICOS.

Se contó con levantamientos de detalle en las zonas de captación y tanque de almacenamiento, así como en toda la conducción principal. Se han levantado seis secciones del río Santiago para determinar la curva gastos-tirantes y afinar la elevación del eje del distribuidor de las turbinas y diseñar adecuadamente los desfuegos y parapetos en casa de máquinas. La topografía de rampa representará uno de los trabajos de detalle más importantes, puesto que junto con la geología dará el trazo definitivo de la tubería a presión.

### I.5. DESCRIPCION DE LAS OBRAS.

#### I.5.1. CAPTACION PRINCIPAL.

Las obras de captación consistirán en : La construcción de una presa derivadora en el Río San Juan de Dios con elevación de cresta 1478.73, un canal desarenador lateral con el fin de retener las salidas de las aguas residuales y aprovechando las de lluvia en limpiar esta zona continuando su flujo hasta el Río Santiago como ha sucedido hasta la fecha; un conducto de comunicación hacia el arroyo Atemajac, conteniendo en su toma rejillas y equipo de limpieza. La entrada de este tubo está ubicada estratégicamente con el fin de provocar que la mayor cantidad de los sólidos se depositen, para en su oportunidad sean desalojados por el desarenador; y una presa derivadora de iguales características a la mencionada antes, para mantener una carga conveniente en la obra de toma de la conducción en el Arroyo Atemajac.

En condiciones de avenida máxima se tomó en cuenta el no rebasar la cota 1482.00 para evitar un desbordamiento en los arroyos.

### I.5.2. CAPTACIONES SECUNDARIAS.

Dentro del proyecto se ha considerado el captar las aguas residuales provenientes de las cuencas de los arroyos San Andrés y Osorio, se estima que en estas cuencas exista una alta densidad de población y se espera conducir hasta un gasto medio de 5.9 m<sup>3</sup>/s en la etapa final del proyecto. Cada una de las captaciones de estos arroyos consistirá de una presa derivadora con desarenador lateral y obra de toma con rejillas equipadas con dispositivos de limpieza con puerta deslizante.

La conducción tendrá una longitud de 7.7 km, de los cuales 2.7 km serán en zanja y 5 km en túnel; tendrá una sección circular con un diámetro interior de 2.40 m.

La roca por donde atraviesa el túnel es en general basáltica de buena calidad.

Existe, una posibilidad a más largo plazo de poder captar aguas de la cuenca del arroyo San Gaspar.

Actualmente este aprovechamiento no se consideró, puesto que dentro del plan de desarrollo urbano no se estima que esta cuenca vaya a poblarse densamente antes del año 2005.

### I.5.3 OBRA DE TOMA Y CONDUCCION.

La obra de toma se encontrará ubicada en la margen izquierda del arroyo Atemajac en la vecindad de la presa derivadora que se construirá en este arroyo.

La sección de la bocatoma será cuadrada de 5.35m de lado con una caja previa de mayores dimensiones donde irán alojadas las rejillas que deberán tener equipo de limpieza automático y estarán en un plano a 60° con la horizontal.

Habrà dos compuertas, una de servicio y una auxiliar y será necesario considerar una lumbrera de ventilación, en este caso se propuso circular, con tapa de rejilla metálica.

A continuación en el sentido del flujo se hará una transición de cuadrada a circular en una longitud de 10 m continuando con sección circular de 5.35 m de diámetro hasta el tanque de regulación, excepto entre los cadenamientos que comprenden los sifones.

El Arroyo Seco será salvado mediante un sifón construido en dos etapas, la primera con un tubo circular de 3.50 m de diámetro y la segunda con un adicional de 2.20 m.

Aguas arriba y aguas abajo del sifón habrá necesidad de construir dos cajas de distribución de gastos con compuertas que controlen el flujo. Se propuso que estos sifones sean de concreto reforzado colado en el lugar.

La longitud total de la conducción sin sifones será de 5.39 km

de los cuales 2.27 serán en zanja y 3.42 en túnel. Los sifones tendrán una longitud de 1.07 km en cada tubo.

Dada la calidad del agua que se va a conducir se consideró indispensable hacer un estudio cuidadoso para determinar las lumbreras de ventilación que permitieran una ventilación adecuada evitando el almacenamiento de gases. Se propuso que estas lumbreras fueran de sección circular y excavadas con contrapocera; es posible que no sea necesario recubrirlas pues la excavación se hará en basalto. El brocal se hará de concreto y en los tramos superiores se colocará concreto lanzado.

La elevación de plantilla en el inicio de la conducción será la 1474.45 con un pendiente de 0.0006 y a la llegada al tanque la 1468.61.

El primer tramo comprendido entre las captaciones y la llegada a la carretera se consideró siguiendo el trazo del periférico y el del inicio de la carretera a saltillo para poder construirse el túnel con métodos convencionales a base de explosivos, sin embargo esta excavación pudiese llevarse a cabo con máquina tunelera pudiese modificarse el trazo buscando la recta entre los puntos extremos y localizando las lumbreras de ventilación en las proyecciones verticales de las calles.

Los tramos subsecuentes ya no deberán variar en forma significativa hasta llegar al tanque y solo se harán los ajustes necesarios de campo.

#### I.5.4 TANQUE DE REGULACION.

Se formará un tanque de regulación diaria cuya corona estará a la elevación 1471.00 y el fondo a la 1456.50.

Deberá construirse en dos etapas, la primera tendrá una capacidad útil de 1,280,000 m<sup>3</sup> y funcionará hasta el año 2000 en que se terminará la segunda etapa, ampliándose su capacidad hasta 1,900,000 m<sup>3</sup>.

En la zona noroeste del tanque se alojará un vertedor de cresta libre que funcionará cuando se encuentre fuera de operación la planta.

En el noreste del tanque irá la toma de la tubería a presión aprovechando una depresión natural para dar la sumergencia necesaria.

En la toma se alojaran compuertas de servicio y auxiliares para cada tubo con su respectivo tubo de ventilación. La plataforma de maniobras de las compuertas estará a la elevación 1471.00 y el acceso a ella será mediante una rampa conexas al tanque. A esta elevación habrá una banqueta perimetral con ancho suficiente para circulación de vehículos y cuando menos dos rampas de acceso al interior del tanque para ser limpiado con camiones de carga.

Dada la cantidad de sedimentos que constantemente se depositaran

en el tanque se ha considerado para ello la posibilidad de mantener una draga flotante que opere permanentemente durante las horas de operación de la planta, esta draga será de succión y descargará directamente a la tubería a presión por la lumbrera de ventilación de la toma de lodos sedimentados, obligándolos a pasar por las turbinas hacia el río mismo; otra posibilidad será la de manejarse por una tubería paralela a la de presión pero independiente hasta el río y una tercera que los lodos sean mandados a algunas de las barrancas vecinas a fin de formar rellenos sanitarios. Esta última presenta además del problemas de olores y aspecto el de que en época de lluvias probablemente sean lavados y conducidos en grandes cantidades hacia el río. No se considera la posibilidad de utilizarlos como abono.

Geológicamente el tanque estará alojado en riolita fluidal de buena calidad, sin embargo el fondo y las paredes del tanque estarán expuestas a filtraciones y por ello será necesario recubrirlos. Como solución viable para este objeto se presenta la de formar una capa de arcilla compactada y sobre ella, otra de piedra también compactada, la primera para dar impermeabilidad al fondo y a los taludes y la segunda para evitar que la succión levante los finos. El posible obstáculo podrá ser la localización de bancos de arcilla cercanos al lugar del tanque.

Una solución alterna podría ser el recubrimiento con concreto reforzado aunque el sistema de juntas y el exceso de concreto para rellenar huecos pudiese repercutir en un costo muy elevado.

Una tercera solución será impermeabilizar mediante capas de material asfáltico o bien con mallas de fibra de vidrio o fibras plásticas en general, recubiertas con piedra.

Se consideró una capa uniforme de concreto reforzado.

#### I.5.5. TUBERIA DE PRESION.

A partir de la obra de toma saldrán dos tuberías de acero ASTM-A-515 grado 70 de 3.40 m de diámetro, irán alojadas en una rampa superficial hasta la plataforma de transformadores en casa de máquinas. En la primera etapa sólo se construirá una de las tuberías interrumpiéndose la otra a la salida de la obra de toma.

El ramal de primera etapa bajará por la rampa hasta la vecindad del poblado El Tempisque donde se bifurcan en dos tubos de 2,40 m de diámetro, continuando hasta la plataforma de transformadores donde sufre cambios en dirección en un plano horizontal para dar la separación entre las dos unidades.

Toda la tubería irá apoyada en silletas de concreto y en los cambios de dirección y de pendiente se formarán machones de concreto.

El gasto de diseño para esta primera etapa será de 54.7 m<sup>3</sup>/s para la tubería de 3.40 m y de 27.3 m<sup>3</sup>/s para la de 2.40 m.

La carga máxima para diseño de la tubería será de 553 m incluyendo la sobrepresión correspondiente.

En una segunda etapa (año 2000) será construida correspondiente tramo de tubería de 3.4 m hasta la vecindad del poblado y la bifurcación, a partir de allí sólo se construirá un ramal de 2.40 m quedando interrumpido el otro hasta una tercera etapa que podrá ser en el año 2005, en esta segunda etapa se maneja como gasto de diseño 81.9 m<sup>3</sup>/s alimentando 3 unidades en total.

#### I.5.6. CASA DE MAQUINAS.

La casa de máquinas será de tipo exterior ( VER FOTO 1 ) y se construirá en 3 etapas. Alojará 2 unidades de 120 MW en una primera etapa con un edificio desplantado en una superficie de 25 x 46 m a nivel del piso de excitadores creciendo en módulos de 19 x 25 para cada unidad posterior, sin embargo, para fines prácticos de construcción, es conveniente llevar a cabo en un solo paso, cuando menos, la excavación hasta el fin de la segunda etapa, siendo necesario decidir para entonces si conviene hacer la de la tercera etapa; lo anterior, en virtud de que la excavación normalmente utiliza explosivos y estos afectarían a la parte que estuviese en operación.



FOTO 1 VISTA LATERAL DE LA CASA DE MAQUINAS EXTERIOR CON UN AVANCE DEL 80 %.



FOTO 2 VISTA INTERIOR DE LA TUBERIA DE 3.00 M.  
DE DIAMETRO ANTES DE LA BIFURCACION INFERIOR.

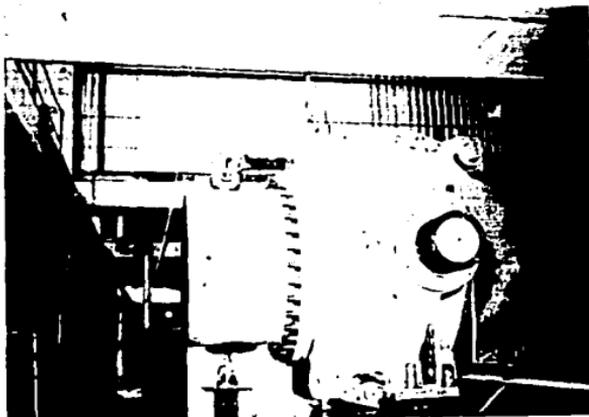


FOTO 3 VALVULA ESFERICA QUE SE ENCUENTRA AL FINAL DE LA BIFURCACION INFERIOR ANTES DE LA ENTRADA A LOS CHIFLONES EN CASA DE MAQUINAS.

Las máquinas hidráulicas serán ruedas pelton de eje vertical alimentadas con 6 chiflones cada una, deberán tener una potencia de 122.5 MW, la elevación del eje del distribuidor se propone sea la 944.00 aunque se ha considerado será necesario dotar la cámara de compresión al desfogue ya que en épocas de avenidas será necesario mantener baja la superficie libre del agua.

La última información de las secciones del río y las curvas de gastos-elevaciones muestran que para gastos del orden de 100 m<sup>3</sup>/s la cota del eje de distribución queda muy justa, sin embargo, actualmente había que evaluar las aportaciones del Río Verde adicionales a los 109.3 m<sup>3</sup>/s que se manejarán en la planta.

Con la curva elevaciones-gastos será necesario modificar la elevación del eje del distribuidor levantándolo quizás a la 946.00 aproximadamente (gasto de 200 m<sup>3</sup>/s).

La estructura de la casa de máquinas será de concreto desde la plantilla del desfogue hasta la elevación correspondiente a piso de excitadores, a partir de esta elevación ésta propuesta estructura metálica lámina Romsa y probablemente muros del mismo tipo.

### I.5.7. SUBESTACION ELECTRICA.

Se han determinado dos sitios fundamentales para que quede ubicada esta subestación, uno de ellos en la cercanía del tanque de regulación y hacia el sur de él, y otro del lado oeste de la carretera frente al tanque en el sitio denominado la Mesa Colorada. este lugar presenta mejores posibilidades de espacio, acceso y elevación.

### I.5.8. CAMINOS Y ACCESOS.

Dadas las características del proyecto y la cercanía a la Ciudad de Guadalajara, se puede decir que los trabajos por estos conceptos representarán un gasto mínimo a la Comisión.

A las captaciones se tiene acceso por la avenida Alvaro Obregón y el periférico mismo. La conducción prácticamente no requiere accesos, pues hasta el arroyo hondo sigue el trazo del periférico y el inicio a la carretera a Saltillo. Tramo comprendido entre la salida del sifón y el tanque regulador, se llega desde la carretera por caminos de terracería existentes en el poblado Los Carrillos cerca de la barranca del Caballito.

La zona del tanque se localiza como a 0.7 km de la carretera y deberá construirse un camino formal de acceso desde la misma junto con los caminos propios de construcción.

Actualmente el acceso a la zona de casa de máquinas se hace a partir de la carretera Guadalajara-Saltillo por un camino de terracería que llega al poblado el Tempisque pasando por otro poblado denominado Hacienda de Lazo; de allí se llega a pie caminando 0.6 km y descendiendo 150 m. El camino mencionado presenta muchas curvas sumamente cerradas de manera que para utilizarlo habrá que hacerle la rectificación propia.

## CAPITULO II

## " DESCRIPCION DE LA TUBERIA DE PRESION "

La tubería de presión de Agua Prieta tiene una longitud total de 1264.794 m. donde esta distancia va del túnel que llega de la Obra de Toma llamado Túnel 4 y llega al Túnel que desemboca en la Casa de Máquinas, llamado Túnel 5. La tubería de presión inicia en el Túnel 4 en la cadenamiento 0-157.282 al final del Túnel 5 que es el cadenamiento 0+978.1422. El desnivel entre los puntos antes mencionados del Túnel 4 (elevación 1364.799 ) y el Túnel 5 (elevación 946.5 ) lo cual nos da un desnivel de 418.299 metros.

La tubería a presión consta solamente de 2 túneles en la longitud de la misma, estos túneles es el Túnel 4 y el Túnel 5 mencionados anteriormente, la otra parte de la tubería es superficial. La tubería superficial esta restringida por atraques y anillos de los cuales mencionaremos más adelante.

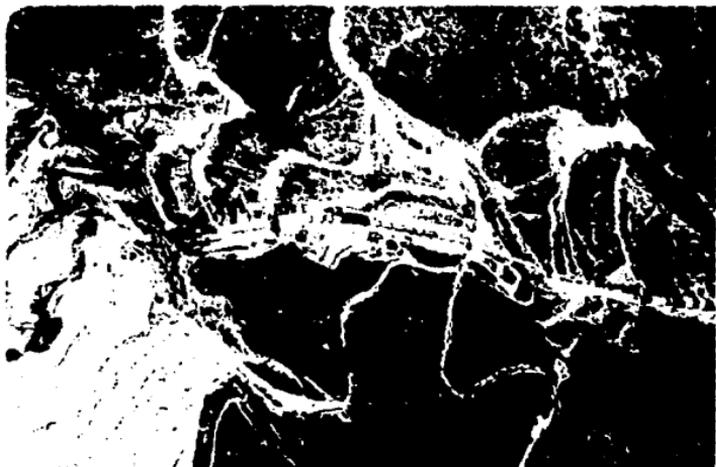


FOTO 4 FOTOGRAFIA AEREA DE LA TUBERIA

Esta tubería esta dividida en 13 tramos los cuales nos marcan los cambios de dirección y los cambios dependiente. Para poder delimitar cada tramo se colocan algunos puntos, los cuales nos indican las características antes mencionadas. A continuación mencionaremos cada tramo y por que puntos está definido.

TRAMO	PUNTO INICIAL	PUNTO FINAL	LONGITUD	DIAMETRO	ESPESOR
1	0	1	124.236	5	7/8"
2	1	A-1	58.642	5-3.80	1"
3	A-1	A-2	56.663	3.80	1" 1" 45.45m
4	A-2	A-3	185.912	3.80	1 /16" 82.39m 1/16" 58.12m
5	A-3	B	4.156	3.80	1/16"
6	B	B-1	153.15	3.80-3.60	1/16" 31.83m 1/16" 78.59m 1 /16" 96.89m
7	B-1	B-2	125.682	3.60-3.40	1 /16" 30.94m 1 /3" 94.74m
8	B-2	C	76.682	3.40	1 /3"
9	C	C-1	147.741	3.40	1 /3"
10	C-1	D	46.716	3.40-3.20	1 /8"
11	D	D-1	77.151	3.20	2"
12	D-1	D-2	81.988	3.20-3.00	2"
13	D-2	I-1	126.281	3.00	2"

Las características principales de la tubería que rigen cualquiera de los tramos son las siguientes :

1. El peso específico de la placa utilizada es de 7800 kg/m<sup>3</sup>.
2. La soldadura para formar los tubos y unir los canutos es AWS-E8018C3.
3. Acero en tubo calidad ASTM-A131-AH36
4. Biseles a 22.5 grados de la vertical en cada extremo del tubo.
5. Las placas perimetrales y el tapón de los barrenos de calidad ASTM-A136.

6. El precalentado de las placas a 80 grados para una soldadura efectiva.

Enseguida daremos una descripción general de todos y cada uno de los tramos que conforman la Tubería de Presión motivo de esta Tesis. (VER ANEXO II-0)

#### II.2. DESCRIPCION TRAMO 1.

Este tramo va del punto 0 al punto 1, estos puntos tienen como cadenamamiento la 0-157.282 al cadenamamiento 0-033.4396 con una longitud total de 124.236, las elevaciones de estos puntos son 1364.799 y la 1354.9231 m. respectivamente. La pendiente promedio del tramo es de 8%; A continuación mencionaremos las características más importantes de la tubería en este tramo:

Este tramo consta de 46 canutos.

Los canutos del 1 al 41 tienen un diámetro interior de 5 metros, el espesor de las placas utilizadas es de 7/8", la longitud es de 2.79 metros, el peso de los mismos es de 7625.59 kilogramos cada uno.

El canuto 1 tiene una placa en todo su perímetro de 7/8" de espesor y de 15 cm. de ancho, las cuales están colocadas a cada 93 cm. a ejes, soldadas por los dos lados.

Los canutos del 2 al 41 son iguales a excepción de la separación del barreno, los cuales tienen una separación de 3.72 m. siendo en total 8 barrenos alrededor del tubo pasando por un eje transversal.

Cada tubo se conforma de 2 placas de 7.89x2.79 m, estas placas son roladas para que unidas conformen al tubo.

Los canutos 42,43,44,45,46 forma un codo de 17.47 grados.

El canuto 42 tiene un diámetro inferior de 5m y las placas de 7/8" las cuales tienen un corte recto y el otro en diagonal el extremo ancho de este tubo es de 1.38 m. y el extremo delgado 1.113 m. y tiene un peso de 1652 kg. Los canuto 43,44,45,46 son exactamente iguales su peso es de 3307 kg. El extremo ancho es de 2.616 m. y el extremo delgado es de 2.226 m. con un perímetro de 15.774 m. (VER ANEXO II-1)

El peso aproximado de esta estructura es de 53,438 kg.

#### II.3 DESCRIPCION TRAMO 2.

Este tramo va del punto 1 al punto A-1, estos puntos tienen el cadenamamiento 0-033.4396 y 0+025.0155, con una longitud total de 58.642, las elevaciones de estos puntos son la 1354.9231 y la 1350.2439 m. respectivamente. la pendiente promedio del tramo es del 8 % ; A continuación mencionaremos las características más

importantes de este tramo:

Este tramo presenta una dificultad en comparación con los demás tramos ya que en este se presenta una bifurcación y un cambio de diámetro de 5 m. a 3.80 m., el objetivo de esta bifurcación es que uno de sus extremos es el que continua con la tubería y el otro por el momento es un tapón, esto es para una segunda etapa que se realizará posteriormente. (VER ANEXO II-2)

#### II.4 DESCRIPCION TRAMO 3.

Este tramo va del punto A-1 al punto A-2, estos puntos tienen el cadenamiento 0+025.0155 y 0+067.7798 con una longitud total de 56.663 m. Las elevaciones de estos puntos son 1350.2439 y la 1313.0693 m. respectivamente. La pendiente promedio del tramo es del 61%. A continuación mencionaremos las características más importantes de la tubería en ese tramo: (VER ANEXO II-3)

Este tramo esta formado por 28 canutos de diferentes medidas.

En el punto A-1 se encuentra un codo con la inclinación hacia abajo por lo cual aumenta la pendiente de 0.08 a 0.61.

El canuto 12 corresponde a la junta expansiva (JE-1), la cual tiene una longitud de 1.10 m., esta localizada a una distancia de 22.118 m. del punto A-1. Esta junta tiene la finalidad de absorber las deformaciones longitudinales de la tubería debido a los cambios de temperatura (esta junta asemeja un telescopio). (VER FOTO 5)

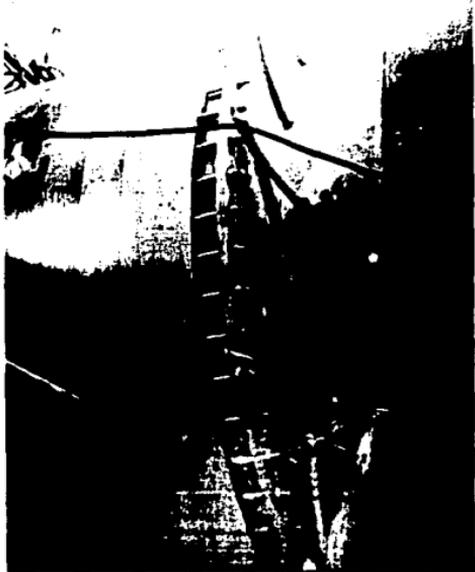


FOTO 5 DETALLE DE LA JUNTA DE EXPANSION.

A continuación se presenta una tabla con las características mas importantes de los canutos.

## DESCRIPCION CANUTOS TRAMO No- 3

CANUTO No-	GEOMETRIA	PERTENECE	DIAMETRO INTERIOR M	ESPESOR PULG.	LONGITUD M	PESO Kg
1,2	CURVO	CODO 1	3.8	1	LL 2.338 LC 1.884	
3	CURVO	CODO 1	3.8	1	LL 1.189 LC 0.942	2124
4	RECTO	CANUTO	3.8	1	L 1.643	3027
5,6,7,8, 9,13,14, 17,18,19 20,23,24 25,26	RECTO	CANUTO	3.8	1	L 2.520	4643
11	RECTO	CANUTO	3.8	1	L 1.780	3279
16	RECTO	CANUTO	3.8	1	L 2.330	4293
21	RECTO	CANUTO	3.8	1	L 1.260	2321
27	CURVO	CODO 2	3.8	1	LL 1.071 LC 0.895	
28	CURVO	CODO 2	3.8	1	LL 2.146 LC 1.790	
10,15,20	RECTO	APOYO (DEL 1 -3)	3.8	1	L 0.960	
12	RECTO	J.E-1	3.8	1	L 1.100	

NOTA: L: LONGITUD  
LL: LONG. LARGA  
LC: LONG. CORTA

#### II.5 DESCRIPCION DEL TRAMO 4

Este tramo va del punto A-2 al punto A-3 , estos puntos tienen el cadenamamiento 0+067.7798 y 0+0236.2734, con una longitud total de 185.912 m., las elevaciones de estos puntos son la 1313.0693 y la 1234.4994 m. respectivamente. La pendiente promedio del tramo es de 48%. A continuación mencionaremos las características más importantes de la tubería en este tramo: (VER ANEXO II-4)

Este tramo consta de 80 canutos en los cuales incluyen 12 apoyos y una junta de expansión.

Los diámetros interiores de la tubería son constantes de 3.8 m, tendremos tres espesores diferentes en este tramo, el primero será de 1" con una longitud de 45.45 m., el segundo de 1 3/16" con una longitud de 82.34 m. y el tercer espesor de 1 5/16" con una longitud de 58.122 m.

A continuación se presenta una tabla con las características más importantes de cada canuto.

## DESCRIPCION CANUTOS TRAMO No- 4

CANUTO No-	GEOMETRIA	PERTENECE	DIAMETRO INTERIOR m	ESPESOR PULG	LONGITUD m	PESO Kg
1	CURVO	CODO 2	3.8	1	LL 2.146 LC 1.790	4728
2	CURVO	CODO 2	3.8	1	LL 1.073 LC 0.895	2364
3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13 14, 15, 16 17, 18, 19	RECTO	CANUTO	3.8	1	L 2.660	3195
21	RECTO	CANUTO	3.8	1 3/16	L 1.552	4427
22	RECTO	CANUTO	3.8	1 3/16	L 2.685	7659
24, 25, 52	RECTO	CANUTO	3.8	1 3/16	L 2.685	7610
53, 54, 55 27, 28, 29	RECTO	CANUTO	3.8	1 3/16	L 2.670	7632
30, 31, 33 34, 35, 36 37						
39, 40, 41 42, 43	RECTO	CANUTO	3.8	1 3/16	L 2.615	7516
45, 46, 47 48, 49	RECTO	CANUTO	3.8	1 3/16	L 2.575	7402
57, 63, 69 75	RECTO	CANUTO	3.8	1 5/16	L 2.660	8388
58, 59, 60 61, 64, 65 66, 67, 70 71, 72, 73 76, 77, 78 79	RECTO	CANUTO	3.8	1 5/16	L 2.670	8410
8, 14, 20, 26, 32, 38 44, 50, 56 62, 68, 74	RECTO	APOYO (DEL 4-15)	3.8	1 5/16	L 4-9 0.960 L 10-15 1.040	
23	RECTO	J.E-2	3.8	1 5/16	L 1.100	
80	CURVO	CODO 3	3.8	1 5/16	LL 2.657 LC 2.218	7688

NOTA: L: LONGITUD  
LL: LONG. LARGA  
LC: LONG. CORTA

## II.6 DESCRIPCION TRAMO 5

Este tramo va del punto A-3 al punto B, estos puntos tienen el cadenamiento 0+0236.2734 y 0+0239.5453, con una longitud total de 4. 156 m., las elevaciones de estos puntos son la 1234.4994 y la 1231.9361 respectivamente . La pendiente promedio del tramo es de 78‰ (formando un ángulo de 38.076 grados). A continuación mencionaremos las características más importantes de la tubería en ese tramo: (VER ANEXO II-4)

El tramo se caracteriza por tener un espesor de placa constante de 1 5/16", y un diámetro también constante de 3.8 m.

Este tramo se define por la existencia de 2 mitades de codo el C-3 y el C-4, una de las cuales corresponde al tramo 4 (C-3) y la otra al tramo 6 (C-4).

El codo C-3 aumenta la pendiente del tramo y la C-4 cambia la dirección con un ángulo de 19.79769 grados.

Este tramo consta nada más de 3 canutos.

A continuación se presenta una tabla con las características mas importantes de los canutos.

**DESCRIPCION CANUTOS TRAMO No- 5**

<b>CANUTO No-</b>	<b>GEOMETRIA</b>	<b>PERTENECE</b>	<b>DIAMETRO INTERIOR m</b>	<b>ESPEJOR PULG.</b>	<b>LONGITUD m</b>	<b>PESO Kg</b>
1	CURVO	CODO 3	3.8	1 5/16	LL 1.482 LC 1.043	3982
2	CURVO	CODO 4	3.8	1 5/16	LL 1.068 LC 0.847	3014
3	CURVO	CODO 4	3.8	1 5/16	LL 2.134 LC 1.692	6028

**NOTA: L:LONGITUD  
LL:LONG. LARGA  
LC:LONG. CORTA**

## II.7 DESCRIPCION DEL TRAMO 6

Este tramo va del punto B al punto B1, estos puntos tienen el cadenamiento 0+239.5453 y 0+360.1043, con una longitud total de 153.15 m., las elevaciones de estos puntos son 1231.9361 y la 1137.4884 m. respectivamente. La pendiente promedio del tramo es de 78 ‰. A continuación mencionaremos las características más importantes de la tubería en ese tramo: (VER ANEXO II-5)

La variación en el diámetro interior de la tubería que cambia de 3.80 m. a 3.60 m. a una distancia de 2.894 m. del punto B.

Existen tres cambios de espesor en el tramo, empieza con un espesor de 1 5/16" con una distancia de 31.836 m, después cambia a un espesor de 1 9/16" teniendo una distancia a de 78.59 m. por último tiene un cambio de espesor a 1 11/16" con una distancia de 46.89 m.

En el punto B que es el extremo superior de este tramo nos encontramos con el codo C-4 con un ángulo en planta de 19.80 grados , al final de este tramo encontraremos al codo C-5 que nos da para el tramo siguiente una disminución de la pendiente de 78 ‰ a una de 60 ‰ con respecto a la horizontal.

Este tramo cuenta con 9 apoyos del No- 16 al 24 ( VER FOTO 6 ), teniendo también una junta expansiva .

A continuación se presenta una tabla con las características mas importantes de los canutos.

## DESCRIPCION CANUTOS TRAMO No- 6

CANUTO No-	GEOMETRIA	PERTENECE	DIAMETRO INTERIOR m	ESPESOR PULG.	LONGITUD m	PESO Kg
1	CURVO	CODO 4	3.8	1 5/16	LL 2.134 LC 1.692	
2	CURVO	CODO 4	3.8	1 5/16	LL 1.069 LC 0.847	
3	RECTO			1 5/16		6146
4	RECTO	CANUTO	3.6	1 5/16	L 1.700	5082
5,6,7,8 9,10,11 12	RECTO	CANUTO	3.6	1 5/16	L 2.520	7532
14	RECTO	CANUTO	3.6	1 9/16	L 1.440	5136
15	RECTO	CANUTO	3.6	1 9/16	L 2.520	8986
17,18,21 22,23,24 27,28,29 30,33,36 39,40,41 42,45,46 47,48	RECTO	CANUTO	3.6	1 9/16	L 2.670	7610
20,26,32	RECTO	CANUTO	3.6	1 9/16	L 2.530	9022
38	RECTO	CANUTO	3.6	1 9/16	L 2.490	8880
44	RECTO	CANUTO	3.6	1 9/16	L 2.450	8738
51,52,53 54,57,58 59,60,64 65,66,67 68,69	RECTO	CANUTO	3.6	1 11/16	L 2.520	9684
50,56	RECTO	CANUTO	3.6	1 11/16	L 2.450	9416
62	RECTO	CANUTO	3.6	1 11/16	L 1.575	6052
63	RECTO	CANUTO	3.6	1 11/16	L 1.425	5476
70	CURVO	CODO 5	3.6	1 11/16	LL 1.993 LC 1.767	9068
13,19,25 31,37,43 49,55,61 16	RECTO	APOYO (DEL 16-24)	3.6	1 11/16	L 1.040	
	RECTO	J.E-3	3.6	1 11/16	L 1.100	

NOTA: L:LONGITUD  
LL:LONG. LARGA  
LC:LONG. CORTA



FOTO. 6 VISTA FRONTAL DEL TRAMO 6, DONDE SE PUEDEN OBSERVAR LAS SILLETAS Y LOS RIELES PARA EL CARRO DE MONTAJE.

## II.8 DESCRIPCION TRAMO 7

Este tramo va del punto B1 al punto B2 ( VER FOTO 7 ), estos puntos tienen el cadenamiento 0+360.1043 y 0+467.8347, con una longitud total de 125.682 m., las elevaciones de estos puntos son 1137.4884 y la 1072.7575 m. respectivamente. La pendiente promedio del tramo es de 60 % ( formando un ángulo de 31 grados con la horizontal ). A continuación mencionaremos las características más importantes de la tubería en ese tramo: (VER ANEXO II-6)



FOTO 7 VISTA FRONTAL DEL TRAMO 7, EN ESTA TOMA SE OBSERVAN LAS SILLETAS, FALTAN COLOCAR LOS RIELES PARA EL CARRO DE MONTAJE.

Este tramo presenta una reducción de diámetro interior de 3.6 m. a una de 3.4 m. Esta reducción se presenta a una distancia de 3.352 m. del punto superior de B1. El tramo también presenta un cambio de espesor de  $1 \frac{11}{16}$ " a un espesor de  $1 \frac{7}{8}$ ", este cambio de espesor se presenta a una distancia de 30.952 m. del punto superior B1.

En el tramo también encontraremos 8 apoyos, del apoyo No. 25 al apoyo No. 32 y cada uno de estos apoyos tiene una longitud de 1.120 m. y una junta de expansión (JE-4) con una longitud de 1.1 m.

En este tramo encontraremos 59 canutos de longitud variable, en estos canutos incluimos los 8 apoyos y la junta expansiva.

A continuación se presenta una tabla con las características mas importantes de los canutos.

DESCRIPCION CANUTOS TRAMO No- 7

CANUTO No-	GEOMETRIA	PERTENECE	DIAMETRO INTERIOR m	ESPESOR PULG.	LONGITUD m	PESO Kg
1	CURVO	CODO 5	3.6	1 11/16	LL 2.265 LC 2.239	7248
2	RECTO	REDUCCION 2	3.6 - 3.4	1 11/16	L 2.000	8392
3,4,5,6 7,8,11, 13,14	RECTO	CANUTO	3.4	1 11/16	L 2.520	9180
10	RECTO	CANUTO	3.4	1 11/16	L 0.840	3072
16,22,28	RECTO	CANUTO	3.4	1 7/8	L 1.820	7370
40,46	RECTO	CANUTO	3.4	1 7/8	L 1.800	7288
52	RECTO	CANUTO	3.4	1 7/8	L 2.520	10204
53	RECTO	CANUTO	3.4	1 7/8	L 1.667	6750
17,18,19 20,23,24 25,26,29 30,31,32 35,36,37 38,41,42 43,44,47 48,49,50 54,55,56 57	RECTO	CANUTO	3.4	1 7/8	L 2.520	10204
58	CURVO	CODO 6	3.4	1 7/8	LL 1.193 LC 0.887	4206
59	CURVO	CODO 6	3.4	1 7/8	LL 2.386 LC 1.774	8414
9,15,21 27,33	RECTO	APOYO (DEL 25-29)	3.4	1 7/8	L 1.120	
39,45,51	RECTO	APOYO (DEL 30-32)	3.4	1 7/8	L 1.160	
12	RECTO	J.E-4	3.4	1 7/8	L 1.100	

NOTA: L: LONGITUD  
LL: LONG. LARGA  
LC: LONG. CORTA

J.E: JUNTA DE EXPANSION

## II.9 DESCRIPCION TRAMO 8

Este tramo va del punto B2 al punto C ( VER FOTO 8 ), estos puntos tienen el cadenamamiento 0+467.8347 y 0+544.3665 con una longitud total de 76.476 m., las elevaciones de estos puntos son 1072.7575 y la 1071.9927 m. respectivamente. La pendiente promedio del tramo es de 0 grados. A continuación mencionaremos las características más importantes de la tubería en este tramo: (VER ANEXO II-7)

En el tramo existen 4 apoyos del No 33 al 36 y una junta expansiva (JE-5), todos los apoyos tienen una longitud de 1.16 m. y la junta expansiva tiene una longitud de 1.10 m.

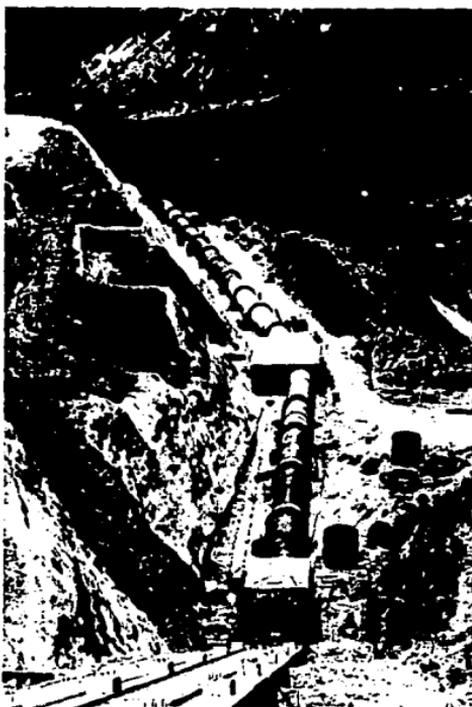


FOTO 8 VISTA EN PLANTA DEL TRAMO 8.

En el punto C existe un codo (C-7) para el cambio de dirección de 16.1225 grados con el eje de la tubería anterior, en el punto B2 existe un codo para el cambio de pendiente a 0 grados.

En el tramo existen 36 canutos en los cuales incluyen los apoyos y las juntas expansivas.

A continuación se presenta una tabla con las características mas importantes de cada canuto.

## DESCRIPCION CANUTOS TRAMO No- 8

CANUTO No-	GEOMETRIA	PERTENECE	DIAMETRO INTERIOR M	ESPESOR PULG	LONGITUD M	PESO Kg
1	CURVO	CODO 6	3.4	1 7/8	LL 2.385 LC 1.774	8414
2	CURVO	CODO 6	3.4	1 7/8	LL 2.211 LC 1.905	8328
3, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 12, 13, 14 17, 18, 19 20, 23, 25 26, 29, 30 31, 32, 33 34	RECTO	CANUTO	3.4	1 7/8	L 2.520	10204
10, 16	RECTO	CANUTO	3.4	1 7/8	L 1.670	6762
22	RECTO	CANUTO	3.4	1 7/8	L 0.714	2890
28	RECTO	CANUTO	3.4	1 7/8	L 1.585	6418
35	CURVO	CODO 7	3.4	1 7/8	LL 1.282 LC 1.112	4855
36	CURVO	CODO 7	3.4	1 7/8	LL 2.586 LC 2.238	9706
9, 15, 21, 27	RECTO	APOYO (DEL 33-36)	3.4	1 7/8	L 1.100	
24	RECTO	J.E-5	3.4	1 7/8	L 1.100	

NOTA: L: LONGITUD  
LL: LONG. LARGA  
LC: LONG. CORTA

J.E: JUNTA DE EXPANSION

**II.10 DESCRIPCION TRAMO 9**

Este tramo va del punto C al punto C1 , estos puntos tienen el cadenamiento 0+544.3065 y 0+692.0399, con una longitud total de 147.741 m., las elevaciones de estos son 1071.9927 y la 1070.5074 m. respectivamente. la pendiente promedio del tramo es de cero grados. A continuación mencionaremos algunas de las características más importantes de la tubería en este tramo. (VER ANEXO II-8)

En el punto C se presenta un codo (C-7) que nos da un cambio de dirección con respecto a la horizontal de 16.1225 grados, en el punto C1 se presenta un cambio de pendiente de 8 grados.

Una de las características que presenta este tramo es que el espesor es constante con 1 7/8" y el diámetro de la tubería también es constante con 3.4 m.

Este tramo presenta 9 apoyos que van del No. 37 al No. 45, también presenta una junta expansiva (JE-6).

A continuación se presenta una tabla con las características más importantes de los canutos.

## DESCRIPCION CANUTOS TRAMO No- 9

CANUTO No-	GEOMETRIA	PERTENECE	DIAMETRO INTERIOR m	ESPESOR PULG	LONGITUD m	PESO Kg
1	CURVO	CODO 7	3.4	1 7/8	LL 2.562 LC 2.238	9708
2	CURVO	CODO 7	3.4	1 7/8	LL 1.282 LC 1.120	4855
3, 9, 15, 21, 27, 39 45, 51	RECTO	CANUTO	3.4	1 7/8	L 2.360	9556
4, 5, 6, 7, 10, 11, 12 13, 16, 17 18, 19, 22 23, 24, 25 28, 29, 30 31, 34, 36 37, 40, 41 42, 43, 46 47, 48, 49 52, 53, 54 55, 59, 60 61, 62, 63 64, 65, 66 67	RECTO	CANUTO	3.4	1 7/8	L 2.420	9798
33	RECTO	CANUTO	3.4	1 7/8	L 1.280	5182
58	RECTO	CANUTO	3.4	1 7/8	L 1.145	4636
57	RECTO	CANUTO	3.4	1 7/8	L 1.480	5992
8, 14, 20, 26, 32, 38 44, 50, 56	RECTO	APOYO (DEL 37-45)	3.4	1 7/8	L 1.200	
35	RECTO	J.E-6	3.4	1 7/8	L 1.1	

NOTA: L: LONGITUD  
LL: LONG. LARGA  
LC: LONG. CORTA

J.E: JUNTA DE EXPANSION

## II.11 DESCRIPCION TRAMO 10

Este tramo va del punto C1 al punto D, estos puntos tienen el cadenamiento 0+692.0399 a la 0+733.2882, una longitud total de 46.716 m., las elevaciones de estos puntos son 1070.5074 y la 1048.5753 m. respectivamente. La pendiente de este tramo es de 28 grados con respecto a la horizontal. A continuación mencionaremos las características más importantes de la tubería en ese tramo:

(VER ANEXO II-9)

El tramo presenta un cambio de diámetro interior de 3.4 m. a uno de 3.2 m.

El espesor de la tubería es constante.

En el tramo existen 3 apoyos del No- 46 al No- 48 y una junta expansiva (JE-7).

El punto C1 se crea debido a la existencia de un codo C-8 que incrementa la pendiente de cero grados a una de 28 grados, el punto D se crea debido al codo C-9 que cambia la dirección en planta, este codo nos da un ángulo de 8.9645 grados a la izquierda del eje del tramo anterior.

El tramo 10 tiene 28 canutos incluyendo apoyos y la junta expansiva.

A continuación se presenta una tabla con las características más importantes de los canutos.

## DESCRIPCION CANUTOS TRAMO No- 10

CANUTO No-	GEOMETRIA	PERTENECE	DIAMETRO INTERIOR m	ESPESOR PULG	LONGITUD m	PESO Kg
1,2	CURVO	CODO 8	3.4	1 7/8	LL 1.686 LC 1.538	6888
3	CURVO	CODO 8	3.4	1 7/8	LL 1.280 LC 1.115	4848
4	RECTO	REDUCCION 3	3.4 - 3.2	1 7/8	L 2.000	7868
5	RECTO	CANUTO	3.2	1 7/8	L 2.515	9592
6,7	RECTO	CANUTO	3.2	1 7/8	L 2.465	9402
9,11	RECTO	CANUTO	3.2	1 7/8	L 2.425	9250
13	RECTO	CANUTO	3.2	1 7/8	L 2.500	9536
14,15,19	RECTO	CANUTO	3.2	1 7/8	L 2.465	9536
20,21,22						
17	RECTO	CANUTO	3.2	1 7/8	L 2.425	9250
18	RECTO	CANUTO	3.2	1 7/8	L 2.465	9402
23	CURVO	CODO 9	3.2	1 7/8	LL 1.466 LC 1.192	7188
8,12,16	RECTO	APOYO (DEL 46-48)	3.2	1 7/8	L 1.160	
10	RECTO	J.E-7)	3.2	1 7/8	L 1.100	

NOTA: L:LONGITUD  
LL:LONG. LARGA  
LC:LONG. CORTA

J.E: JUNTA DE EXPANSION

## II.12 DESCRIPCION TRAMO 11

Este tramo va del punto D al D1, estos puntos tienen el cadenamamiento 0+738.2882 y 0+0801.3905, con una longitud total de 77.131 m., las elevaciones de estos puntos son 1048.5753 y la 1012.3644 m. respectivamente. La pendiente promedio del tramo es de 53.17 ‰ ( formando un ángulo de 28 grados con la horizontal ). A continuación mencionaremos las características más importantes de la tubería en ese tramo. (VER ANEXO II-9)

Este tramo presenta un espesor de placa constante de 2", y su diámetro interior también constante de 3.2 m.

En el tramo existen 4 apoyos del No- 49 al No-52, cada uno de esto apoyos tiene una longitud de 1.16 m., y cuenta también con una junta de expansión (JE-8) con una longitud de 1.1 m.

En el punto D existe un codo (C-9), el cual nos da un cambio de dirección de 8.9645 grados del lado izquierdo del eje interior, en el punto D1 tenemos un codo (C-10) para el cambio de pendiente de 28 grado a una de .5729 grados.

El tramo consta de 39 canutos incluyendo apoyos y la junta de expansión.

A continuación se presenta una tabla con las características mas importantes de los canutos.

## DESCRIPCION CANUTOS TRAMO No- 11

CANUTO No-	GEOMETRIA	PERTENECE	DIAMETRO INTERIOR m	ESPEJOR PULG	LONGITUD m	PESO Kg
1	CURVO	CODO 9	3.2	2	LL 1.849 LC 2.365	9632
2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12 13, 14, 18 19, 23, 24 25, 27, 28 29, 30, 31 32, 33, 34 35	RECTO	CANUTO	3.2	2	L 2.365	9632
10	RECTO	CANUTO	3.2	2	L 1.255	5112
11	RECTO	CANUTO	3.2	2	L 1.445	5886
16	RECTO	CANUTO	3.2	2	L 1.950	7942
21	RECTO	CANUTO	3.2	2	L 1.590	6476
22	RECTO	CANUTO	3.2	2	L 1.110	4522
37	CURVO	CODO 10	3.2	2	LL 1.617 LC 1.390	6120
38	CURVO	CODO 10	3.2	2	LL 2.334 LC 1.880	8574
9, 15, 20	RECTO	APOYO (DEL 49-51)	3.2	2	L 1.200	
17	RECTO	J.E-8	3.2	2	L 1.110	

NOTA: L: LONGITUD J.E: JUNTA DE EXPANSION  
 LL: LONG. LARGA  
 LC: LONG. CORTA

### II.13 DESCRIPCION TRAMO 12

Este tramo va del punto D1 al punto D2, estos puntos tienen el cadenamiento 0+801.3903 y 0+851.8676, con una longitud total de 81.988 m., las elevaciones de estos puntos son 1012.3644 y la 947.7567 m. respectivamente. La pendiente de este tramo es de 52 grados con respecto a la horizontal. A continuación mencionaremos las características más importantes de la tubería en ese tramo:

El tramo representa un cambio de diámetro interior de 3.2 m. a uno de 3.0 m.

El espesor de la tubería es constante, siendo este de 2" pulgadas.

El punto D1 se crea debido a la existencia de un codo C-10 que incrementa la pendiente de 28 grados a 52 grados, el punto D2 se crea debido al codo C-11 que cambia la pendiente de 52 grados a 0.5729 grados.

El tramo 12 tiene 34 canutos.

A continuación se presenta una tabla con las características más importantes de los canutos.

## DESCRIPCION CANUTOS TRAMO No- 12

CANUTO No-	GEOMETRIA	PERTENECE	DIAMETRO INTERIOR m	ESPESOR PULG.	LONGITUD m	PESO Kg	
3	RECTO	REDUCCION 5	3.2-3.0	2	L	1.810	7150
4, 5, 6, 7,	RECTO	CANUTO	3.0	2	L	2.610	9976
8, 9, 10,							
11, 12, 13							
14, 15, 16							
17, 18, 19							
20, 21, 23							
24, 25, 26							
27, 28, 29							
30	RECTO	CANUTO	3.0	2	L	1.038	5505
31, 32, 33	RECTO	CANUTO	3.0	2	L	2.074	7340
34							

NOTA: L: LONGITUD      J.E: JUNTA DE EXPANSION  
 LL: LONG. LARGA  
 LC: LONG. CORTA

#### II.14 DESCRIPCION TRAMO 13

Este tramo del punto D2 al punto I1, estos puntos tienen el cadenamiento 0+851.8676 y 0+977.535, con una longitud total de 126.281 m., las elevaciones de estos puntos son: 947.7567 y la 946.500 m. respectivamente. La pendiente de este tramo es de .5723 grados con respecto a la horizontal. A continuación mencionaremos las características más importantes de la tubería en ese tramo: (VER ANEXO II-10)

El espesor de la tubería es constate, siendo este de 2".

En el tramo no existen apoyos ni juntas de expansión debido a que la tubería se encuentra envuelta en roca, dentro del túnel 5.

El punto D2 se crea debido a la existencia de un codo C-11 que disminuye la pendiente de 52 grados a una de .572629 grados, el punto I1 se crea debido a la terminación del túnel 5 y el comienzo de la bifurcación inferior ( VER FOTO 9 ) y (ANEXO II-11)



FOTO 9 VISTA FRONTAL DE LA BIFURCACION INFERIOR.

El tramo 13 tiene 50 canutos.

A continuación se presenta una tabla con las características más importantes de los canutos.

DESCRIPCION CANUTOS TRAMO No- 13

CANUTO No-	GEOMETRIA	PERTENECE	DIAMETRO INTERIOR ■	ESPEJOR PULG.	LONGITUD ■	PESO Kg
5	RECTO	CANUTO	3.0	2	L 1.038	2670
6,7,8,9, 10,11,12 13,14,15 16,17,18 19,20,21 22,23,24 25,26,27 28,29,30 31,32,33 34,35,36 37,38,39 40,41,42 43,44,45 46,47,48 49,50	RECTO	CANUTO	3.0	2	L 2.610	9976

NOTA: L:LONGITUD J.E: JUNTA DE EXPANSION  
 LL:LONG. LARGA  
 LC:LONG. CORTA

## CAPITULO III

## " CALCULO DE LA TUBERIA DE PRESION "

## III.1 ANTECEDENTES

El diseño de conducciones de presión perforadas en túnel en roca está influenciado por la cubierta de roca disponible y por las características de la misma. Cuando se instalan camisas de acero como revestimiento en los túneles de presión, surge el problema de subdividir la presión interior que deben tomar el acero y la roca y el diseñar el acero por presión exterior.

- Esfuerzos en la roca antes y después de la perforación de túneles.

La magnitud de los esfuerzos que existen en cualquier masa de roca a través de la cual tiene que construirse un conducto a presión es un factor determinante en su diseño, y por lo tanto, es importante una estimación de estos esfuerzos.

- Esfuerzos en la roca debidos a presión del agua en un conducto.

Cuando se aplica una presión interna a un túnel de sección circular cuya profundidad debajo de la superficie de la roca es varias veces el diámetro del túnel, se producen esfuerzos de compresión radiales y tangenciales de tensión en la cara interna de la roca, iguales en magnitud a la presión interna. Estos esfuerzos radiales y tangenciales en la cara interior de la roca disminuyen en proporción al cuadrado de la distancia a partir de la línea -centro del túnel.

- Conductos de presión con revestimiento de camisa de acero.

Existen varios factores que pueden determinar la decisión sobre si se requiere un revestimiento de acero en cualquier tramo dado de un conducto de presión, siendo el más importante quizá, el referente a la necesidad de evitar filtraciones excesivas en el conducto en puntos donde la cubierta de roca podría ser insuficiente para evitar el levantamiento de la cobertura de roca, esto es que :

$$P_{\text{int. máxima}} > WZ$$

En roca pobremente junteada o con fallas es posible que, aunque la cubierta de roca sea suficiente para evitar el movimiento de la misma, es decir  $P_{\text{int. máx.}} < WZ$ , las fugas desde el conducto puedan ser excesivas o puedan ser suficientes para ocasionar el movimiento o el deslizamiento de la cobertura de roca. En tales casos es necesario prolongar el revestimiento de acero más allá del punto en que normalmente se requeriría para evitar posibles deslizamientos de roca.

Los revestimientos de acero son por consiguiente utilizados en los conductos a presión no sólo por resistencia estructural sino

también para actuar como una membrana impermeable.

El espesor de un revestimiento de acero es pequeño en relación al diámetro del conducto de presión por lo cual el diseño queda a menudo determinado por la presión exterior que puede ejercer el agua subterránea ( esta presión solo es posible si la topografía y los materiales geológicos lo permiten ) cuando el conducto se vacía, más que por la presión hidrostática interna.

### III.2 CALCULO DE LAS TUBERIAS DE PRESION EN ROCA REVESTIDAS DE CONCRETO.

El tipo de tubería depende fundamentalmente de cálculos económicos que toman en cuenta los siguientes factores principales:

- Costo de la tubería por cada solución examinada, incluyendo materiales, fabricación y montaje.
- Costo de las excavaciones.
- Costo del concreto.
- Costo de las inyecciones de concreto que deben ser bien hechas cuando se adoptan anclajes exteriores y tubería lisa.

Los cálculos pueden ser utilizados siguiendo tres procedimientos distintos:

- Escoger el espesor de la chapa de la tubería, el tipo, la dimensión y la distancia entre refuerzos/anclajes ( si hay ) y averiguar si los coeficientes de seguridad son respetados.
- Adoptar los coeficientes de seguridad mínimos requeridos y optimizar espesor y los demás parámetros.
- Hacer un cálculo mixto entre los primeros dos.

Las tuberías pueden ser de los siguientes tres tipos:

- Tubería lisa sin refuerzos o anclajes exteriores.
- Tubería con anillos de refuerzos exteriores.
- Tubería con anclajes exteriores.

### ESFUERZOS EN LA TUBERIA

Las cargas que producen esfuerzos en las tuberías se clasifican en la siguiente forma:

## GRUPO A.

- a) Presión interior debida a la carga hidrostática y al golpe de ariete cuando exista.
- b) Peso del agua contenida dentro del tubo.
- c) Peso propio de la tubería.

## GRUPO B.

- a) Fricción desarrollada en los apoyos al variar la temperatura del tubo.
- b) Fricción desarrollada en las juntas de dilatación al variar la temperatura del tubo.
- c) Aceleraciones del lecho de sustentación debidas a los sismos.
- d) Empuje del viento.
- e) Presión atmosférica al producirse un vaciado rápido en la tubería.

La practica usual es la de aceptar fatigas incrementadas en un 25 % cuando se combinan las cargas del grupo A con las del grupo B. Sin embargo, las dimensiones nunca deben ser menores que las obtenidas sólo al considerar las cargas del grupo A con las fatigas normales de trabajo.

Independientemente de los esfuerzos a que estarán sujetos durante su uso, las tuberías deben poseer una mínima rigidez durante la fabricación y el montaje recomendándose como espesores mínimos ( $t_{\min.}$ ).

## III.3. CALCULO DE LAS PRESIONES INTERIORES Y EXTERIORES.

## III.3.1. CALCULO DE LAS PRESIONES INTERIORES.

La presión interior  $P_i$  a considerarse en el calculo de una tubería es la debida al máximo nivel estático en el embalse o el máximo nivel en el pozo de oscilación más la sobrepresión por rechazo total de carga.

Esta sobrepresión debe ser considerada variable linealmente a lo largo de la tubería con valor 0 en el pozo o en la obra de toma y valor máximo en la brida terminal de la tubería aguas abajo.

Si no se quieren adoptar tuberías " totalmente autorresistentes " se toma un factor de seguridad  $k$  y se reduce así el porcentaje de presión soportado por la tubería. Para realizar lo anterior se deben tomar en cuenta los siguientes factores:

- Costos de la tubería, del concreto y de la excavación.
- Valor de la presión exterior que, en cada caso, deberá ser soportada por la tubería.
- Características de la roca.

Para determinar el porcentaje de la presión interior  $P_i$  soportado por la tubería y las sollicitaciones sobre el concreto y la roca se hace lo siguiente:

Se considera que el concreto y la roca son fisuradas por la transmisión de la presión de la tubería, las fisuras en la roca terminan a un diámetro  $D_i$ , donde las sollicitaciones circunferenciales son soportadas por la roca; se considera que las características de elasticidad de la roca y el concreto son iguales.

Bajo las condiciones antes señaladas y adoptando varias simplificaciones en los cálculos se llega a:

$$\alpha = (P_i - P_b) / (P_i) \text{ ----- 1}$$

En donde:

$\alpha$  = Presión total tomada por la tubería

$P_i$  = Presión interior

$P_b$  = Presión transmitida al concreto por la presión  $P_i$

Por simplicidad la ecuación 1 se puede expresar en los siguientes términos:

$$\alpha = 1 - (1 - P_e/P_i) * \bar{r} \text{ ----- 2}$$

En donde:

a)  $P_e$  = Presión requerida para anular el espacio radial entre tubería y concreto, se calcula de la siguiente manera:

$$P_e = 4 s E \epsilon / (D^2 (1 - \nu^2)) \text{ ----- 3}$$

En donde:

$s$  = Espesor de la tubería

$\epsilon$  = Espacio entre tubo y concreto

$E$  = Modulo de elasticidad del concreto

$D$  = Diámetro interior de la tubería

$$b) \bar{r} = \left[ 1 + \frac{(1 + \nu f)}{(1 - \nu^2)} * \frac{2 s E}{D E f} * \left[ \frac{\ln (D_i/D)}{(1 + \nu f)} + 1 \right] \right]^{-1} \text{ ----- 4}$$

En donde:

$E f$  = Modulo de elasticidad concreto - roca

La sollicitación radial de compresión en el concreto se denomina con  $s$  y su valor se calcula con la siguiente expresión :

$$\sigma = (1 - \alpha) P_i \text{ ----- } 5$$

La sollicitación circunferencial de tracción ( $\sigma_t$ ) en la roca que no deberá sobrepasar el valor máximo admisible que estará dado por la ecuación 6.

$$\sigma_t = \xi * (D/D_f) P_i \text{ ----- } 6$$

Las ecuaciones anteriormente expuestas deberán ser resueltas por tanteos.

Si la roca es muy mala o la cobertura de roca sobre la tubería es muy pequeña el valor de  $\sigma_t$  no deberá ser mayor que  $\sigma_{t \text{ límite}}$  que se tomará muy bajo para seguridad.

La ecuación que asegura dicha condición es :

$$\xi * (D/D_f) * P_i (2 D_f^2 / (4 h^2 D_f^2)) < \sigma_{t \text{ límite}} \text{ ---7}$$

En donde:

$h$  = Es la distancia mínima del eje de la tubería a la superficie exterior.

El cálculo de la tubería será hecho considerando la presión total interior  $P_i$ , pero modificando oportunamente el factor de seguridad  $K_c$  se tendrá la posibilidad de variar el porcentaje de la presión interior  $P_i$  que la tubería efectivamente soporta.

Por motivos de seguridad nunca se debe alcanzar el valor máximo  $K_c = 1.00$  por que si existen desperfectos en la fabricación de la tubería o bien existen vacíos entre la tubería y el concreto se tendrán en estos puntos sollicitaciones reales de trabajo iguales o mayores del límite de fluencia del material.

### III.3.2. CALCULO DE LAS PRESIONES EXTERIORES.

Las presiones exteriores son por lo general más peligrosas que las presiones interiores por que la acción de la presión exterior no es uniforme, lo que aumenta el peligro de colapso parcial de la tubería.

Cuando hay presiones muy altas se deberán efectuar inyecciones de concreto entre tubería y concreto, es preferible entre concreto y roca.

El cálculo más conservativo toma en cuenta las siguientes condiciones: la presión exterior  $P_e$  es la debida al máximo vacío al interior de la tubería más una columna de agua sobre la tubería de altura igual a la de la roca que está sobre el eje de la tubería, pero tomando como máximo el máximo nivel del embalse.

En unos casos las presiones de inyección de concreto resultan mayores de las ya mencionadas y se puede alternativamente o colocar refuerzos provisionales durante las inyecciones o tomar en cuenta dichas presiones en el cálculo.

### III.3.2.1. CONDICIONES DE CALCULO Y DE FABRICACION.

Los espesores de calculo se determinan efectuando, por cada tipo de tubería considerada, el calculo de las solicitaciones inducidas por los esfuerzos indicados a continuación y averiguando que:

$$\sigma_i < \sigma_{\text{adm.}} = Kc \sigma_c \quad (\sigma_i = Kc \sigma_c)$$

Las combinaciones de esfuerzos que deberán considerarse serán para:

- a) Un punto fuera de los apoyos (Esfuerzo en la membrana).
- b) Un punto en los apoyos.

Como hemos dicho anteriormente, se deberán considerar los esfuerzos producidos por las cargas del grupo A y las cargas del grupo B.

Efectuando los cálculos se averigua la siguiente condición:

$$P_{cr} > P_e / K_e$$

Cuando se adoptan refuerzos o anclajes exteriores se averigua además la siguiente condición:

$$\sigma_i \text{ (refuerzo/anclaje)} < Kr * \sigma_r \quad (\sigma_i = Kr * \sigma_r)$$

El valor de  $Kc$  para tuberías lisas varía de 0.5 a 0.9.

Para tuberías con refuerzos el valor máximo de  $Kc$  debe ser un poco más bajo de las lisas, y no podrá ser igual a 0.8.

Los cálculos de las tuberías con anclajes son más aproximados de los con refuerzos y por lo tanto en ningún punto se deberá sobrepasar por  $Kc$  el valor máximo de 0.7.

El valor de  $K_e$  varía de 0.5 a 0.65; el valor más alto será tomado

cuando hay claras informaciones de las presiones exteriores.

El valor de  $K_r$  deberá ser tomado bajo  $K_r = 0.5$  en el caso de anclajes y en el caso de refuerzos de 0.55 a 0.7.

En los cálculos el sismo no es considerado por que la tubería está empotrada en el concreto.

Si existen tramos fuera del concreto en los cálculos se deberán tomar en cuenta: efecto sísmico, peso del agua, peso del tubo y el llenado parcial si la tubería es de gran diámetro.

### III.3.2.2. SOLDADURA.

En el cálculo se debe tomar en cuenta la eficiencia de las soldaduras longitudinales.

La soldadura llenará por lo menos las especificaciones correspondientes a la E6020, según clasificación de la A.W.S.

El esfuerzo máximo permitido en la dirección normal a una junta soldada, será un porcentaje de la fatiga normal de trabajo de la placa, que dependerá del tipo de acero, procedimientos de construcción e inspección usados. El B. of R. recomienda las siguientes eficiencias ( porcentaje de la fatiga normal de trabajo ).

Juntas a tope soldadas por ambos lados.

#### a) Radiografiadas.

aceros de fogón	100 %
aceros de brida	95 %
aceros estructurales	90 %

#### b) Juntas sin radiografiar.

aceros de fogón	90 %
aceros de brida	85 %
aceros estructurales	80 %

Si las soldaduras principales no son radiografiadas o ensayadas con ultrasonido al 100 % se deberá tomar una reducción en la determinación del coeficiente  $K_c$ .

Soldaduras ensayadas con radiografías o ultrasonido en un 20 % de soldaduras longitudinales  $K_c$  final= 0.9  $K_c$ .

Soldaduras no ensayadas  $K_c$  final= 0.8  $K_c$ .

Fatigas en las soldaduras:

Si llamamos a la fatiga normal de trabajo de la placa y a la eficiencia de la soldadura tenemos:

- a) Soldaduras a tope trabajando a tensión.
- b) Soldaduras circunferenciales a tope.  
0.87
- c) Soldadura a tope trabajando a esfuerzo cortante.  
0.75
- d) Cordones de soldadura sujetos a carga normal.  
0.70
- e) Cordones de soldadura sujetos a carga longitudinal.  
0.50
- f) Cordones de soldadura circunferenciales.  
0.60

Los refuerzos o anclajes nunca deben soldarse sobre las soldaduras circunferenciales o longitudinales.

#### III.4 ESFUERZO EN LOS APOYOS.

Nos referimos únicamente a los producidos en las tuberías con anillos soportes-atiesadores, ya que ese será nuestro objetivo en esta tesis.

Esfuerzos debidos a la restricción que los anillos imponen en la membrana.

Debido a que la presión interior produce deformaciones mayores en la membrana que en el anillo, la membrana estará sometida a momentos flexionantes y fuerzas cortantes secundarias en la vecindad de los apoyos.

Caso de restricción completa.

$$M = 0.304 p r t \quad ; \quad V = -0.78 p ( r t )^{0.5}$$

en donde

p = presión interior  
r = radio  
t = espesor

El módulo de sección de la lámina por unidad de ancho vale :

$$s = t^2 / 6$$

y el esfuerzo que en ella produce la restricción completa será :

$$\sigma_2 \times = \frac{M}{s} = 1.82 \frac{Pr}{t}$$

### III.5 DEFINICION DE PATIN EQUIVALENTE.

Quando una tubería está soportada por anillos atiesadores ligados a la placa por medio de soldadura, el alma de la placa es capaz de imponer sus deformaciones a la placa en la unión entre ambos. La placa tiene por otra parte, cierta capacidad para resistir las deformaciones que trata de imponer el anillo, resultando que este recibe cierta ayuda de la tubería. " El termino Patín Equivalente es usado para designar a un ancho de placa que sustituiría el efecto de la tubería sobre el anillo en lo que resistencia a deformaciones se refiere, si este ancho fuera tratado como patín y sus esfuerzos calculados conforme a la teoría elemental de la flexión ". Se ha llegado a la conclusión, de que la ayuda que el anillo recibe de la tubería puede tenerse en consideración tomando como patín equivalente una longitud  $1/q$  a cada lado del anillo. El valor de  $q$  es una constante igual a:

$$q = \left( \frac{3 (1 - \mu^2)}{r^2 * t^2} \right)^{0.25}$$

Para el acero con  $\mu = 0.3$ , tendremos :

$$1/q = 0.78 (r * t)^{0.5}$$

### III.6 ESFUERZO EQUIVALENTE.

En esta parte se calculan los esfuerzos tangenciales en cualquier punto y se establecen los siguientes requisitos :

a) La misma deformación unitaria en dirección del mayor esfuerzo no excederá a la correspondiente a la probeta de ensayo en idénticas condiciones de seguridad ( Teoría de falla de Saint-Venant ); fatiga de trabajo.

$$\frac{\sigma_{max} = \mu_{min} \leq \sigma}{\sigma_{max} = 0.3 \sigma_{min} \leq \sigma}$$

b) El máximo esfuerzo tangencial en el punto estudiado no excederá al correspondiente a la probeta de ensayo en idénticas condiciones de seguridad ( Teoría de falla de Guest ). Siendo el límite elástico el esfuerzo tangencial igual aproximadamente al 60 % del correspondiente al normal, tendremos :

$$\sigma_{\max} = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2} \leq 0.6\sigma$$

o en otra forma :

$$\frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{1.2} \leq \sigma$$

El criterio de St. Venant-Guest, puede expresarse con mayor sencillez llamando con el nombre de " Esfuerzo Equivalente " al mayor de los siguientes valores :

$$\frac{\sigma_{\max} - 0.3 \sigma_{\min}}{1.2}$$

y estableciendo como requisito que este valor sea igual o menor que la fatiga de trabajo elegida.

### III.6.1. ESFUERZO EQUIVALENTE EN LOS APOYOS.

Para determinar el esfuerzo equivalente en tubería con anillos atiesadores es necesario calcular para el punto considerado:

- Esfuerzo total  $\sigma_y$  en la fibra interior del anillo atiesador.
- Esfuerzo total  $\sigma_x$ .
- Esfuerzos principales con el Círculo de Mohr.
- Esfuerzo tangencial total  $\tau$ .

Para el cálculo de los esfuerzos  $\sigma_x$  y  $\tau$  se tendrá en consideración cualquier aumento que se haya dado al espesor de la placa en la vecindad de los anillos atiesadores.

## CAPITULO IV.

## " MONTAJE DE LA TUBERÍA DE PRESION "

## IV.1 CONDICIONES GEOLOGICAS DEL TERRENO.

En toda la longitud del túnel 4 se encuentran diferentes tipos de roca, en la parte superior, primeramente se encuentra roca del tipo de riolita fluidal con un espesor aproximado de 15 m. y en la misma sección en los últimos 30 m. se presenta riolita vítrea, en la superficie y sobre estos tipos de roca se encuentra brecha riolítica con arcilla, en la parte inferior de este túnel y en toda la longitud del mismo tenemos riolita fluidal.

Posteriormente al túnel No- 4 y después del túnel No- 5 la tubería se encuentra sobre la superficie del terreno, en esta sección de la tubería y en el tramo comprendido entre A2-B1 se realizaron cortes al terreno para poder desplantar la tubería.

En el tramo 1-A1 la tubería es superficial y se encuentra sobre riolita fluidal.

En el tramo A1-A2 se encuentra un estrato de roca vítrea con un espesor de 12 m., posteriormente a este estrato se encuentra la riolita fluidal.

El tramo comprendido entre A2-B encontramos diferentes tipos de roca y con diferentes profundidades; de la estación 0+067.4798 a 0+150.00, tenemos riolita vítrea con un espesor de 17 m. de la estación 0+150 a 0+180 toba pumicítica cacustron con un espesor de 7 m., debajo de este estrato se encuentra la andesita basáltica con un espesor de 30 m. de la estación 0+180 a 0+239.5455 se encuentra andesita basáltica.

Entre B y B1 se presenta un tipo de roca del tipo de andecita basáltica, este tipo de roca se encuentra también en los tramos C1-D1, B1-C.

El tramo D1-D2 que forma parte del túnel No- 5 se encuentra envuelto en riolita vítrea.

En el tramo que corresponde a los puntos D2-I1 se encuentra en la parte inferior un estrato de andesita basáltica con un espesor de 5 m.; En la parte superior de este túnel se encuentra un estrato de toba arenosa con un espesor de 15 m., sobre este

estrato tenemos riolita vítrea con un espesor de 35 m., encima del estrato tenemos una capa de andesita basáltica, hasta encontrar el perfil del terreno.

#### IV.2 DATOS DE DISEÑO DE LA TUBERÍA.

##### IV.2.1 DATOS DE DISEÑO TUNEL N.- 4

GASTO : .....104.0 m<sup>3</sup>/s  
 VELOCIDAD : ..... 5.3 m/s  
 DIÁMETRO : ..... 5.0 m  
 PENDIENTE : ..... 8.0 ‰  
 LONGITUD APROXIMADA : ..... 540.0 m  
 CONCRETO : ..... 250.0 Kg/cm<sup>2</sup>  
 ACERO DE REFUERZO : .....4000.0 Kg/cm<sup>2</sup>  
 CARGA ESTÁTICA MÁXIMA : ..... 141.7 m  
 PLACAS DE ACERO A131-AH36 : ...5100.0 Kg/cm<sup>2</sup>

##### IV.2.2 DATOS DE DISEÑO TUBERÍA SUPERFICIAL

GASTO : ..... 52.0 m<sup>3</sup>/s  
 VELOCIDAD : ..... 4.6 A 6.5 m/s  
 DIÁMETRO : ..... 3.8 a 3.2 m  
 ESPESOR DE LA MEMBRANA : ..... 1.0 A 2 PULG.  
 LONGITUD APROXIMADA : ..... 885.0 m  
 PLACA DE ACERO ASTM A131-AH36 :5100.0 Kg/cm<sup>2</sup>  
 PARA ESPESORES <= 2"  
 PLACA DE ACERO ASTM A-36 : ... 2530.0 Kg/cm<sup>2</sup>  
 PARA ESPESORES > 2"  
 CARGA ESTÁTICA MÁXIMA : ..... 523.66 m

##### IV.2.3 DATOS DE DISEÑO TUNEL N.- 5

GASTO : ..... 52.0 m<sup>3</sup>/s  
 VELOCIDAD : ..... 7.4 m/s  
 DIÁMETRO : ..... 3.0 m  
 PENDIENTE : ..... 128.0 A 1 ‰  
 LONGITUD APROXIMADA : ..... 208.0 m  
 CONCRETO : ..... 150.0 Kg/cm<sup>2</sup>  
 PLACA DE ACERO A131-AH36 : ... 5100.0 Kg/cm<sup>2</sup>  
 CARGA ESTÁTICA MÁXIMA : ..... 586.0 m

### IV.3 ATRAQUES, ESTRUCTURAS DENTRO DE LOS ATRAQUES Y SILLETAS.

**Atraques:** Los atraques son estructuras de concreto armado que aparecen en cada cambio de dirección y cambio de pendiente; restringen a la tubería de cualquier tipo de movimiento debido a sobre presiones y empujes causados por la velocidad del agua.

Dentro de los atraques existen más estructuras llamadas anillos atesadores, que se encuentran en los extremos de los atraques; estas estructuras toman las sobre presiones causadas por el codo.

También existen otras estructuras que tienen forma de anillo y que sirven para aumentar la fricción entre el concreto y la tubería y de esta forma evitar el desplazamiento de la tubería. (VER ANEXO IV-2)

Las silletas son elementos de concreto armado que sirven como base para los apoyos de la tubería, evitando el pandeo de esta debido a su longitud así las deformaciones originadas por temperatura. (VER ANEXO IV-3)

No existen juntas de expansión ni atraques dentro de los túneles 4 y 5, ya que la roca con el tubo absorben cualquier deformación.

Descripción de los atraques:

Atraque A1 se encuentra en el cadenamamiento 0+025.0155.

Atraque A2 se encuentra en el cadenamamiento 0+067.7798.

Atraque A3 se encuentra en este atraque embebido los codos de cambio de pendiente y el de cambio de dirección se encuentra en el cadenamamiento 0+236.2734, ( VER FOTO 10 ).

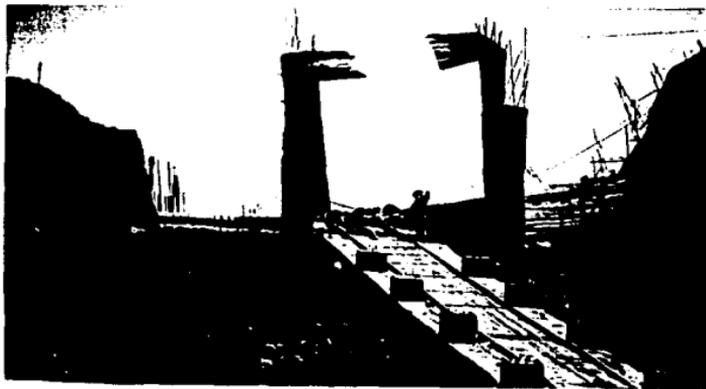


FOTO 10 ARMADO DEL ATRAQUE A3-B, LA PLANTILLA DE CONCRETO Y LAS SILLETAS  
16, 17, 18, 19.

Atraque B1 se encuentra en el cadenamiento 0+360.1043.( VER FOTOS 11 Y 12 )

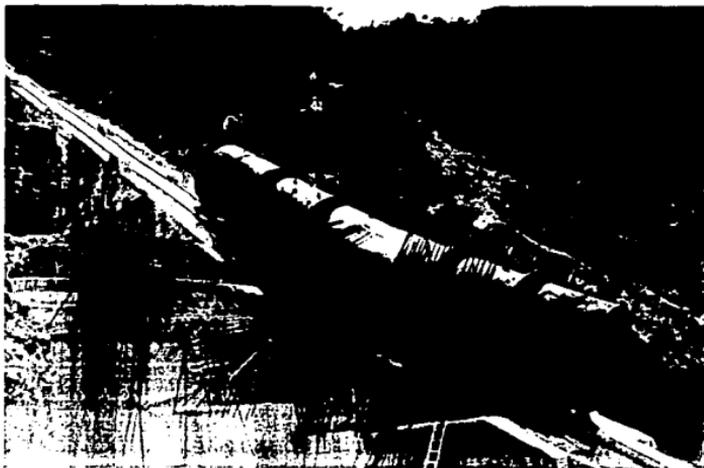


FOTO 11 ARMADO DEL ATRAQUE B1 CON EL CODO YA COLOCADO.

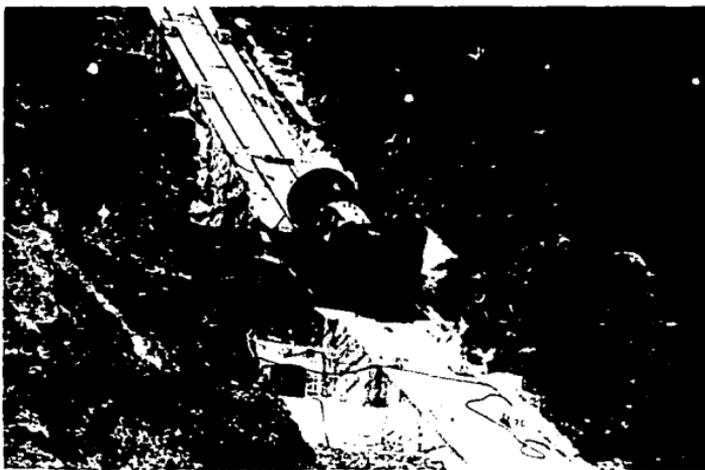


FOTO 12 VISTA DEL ATRAQUE B1

Atraque B2 se encuentra en el cadenamiento 0+467.8347.  
Atraque C se encuentra en el cadenamiento 0+544.3065.  
Atraque C1 se encuentra en el cadenamiento 0+692.0399.  
Atraque D se encuentra en el cadenamiento 0+733.2882 ( VER FOTO  
13 ).  
Atraque D1 se encuentra en el cadenamiento 0+801.3905 ( VER FOTO  
14 ) .

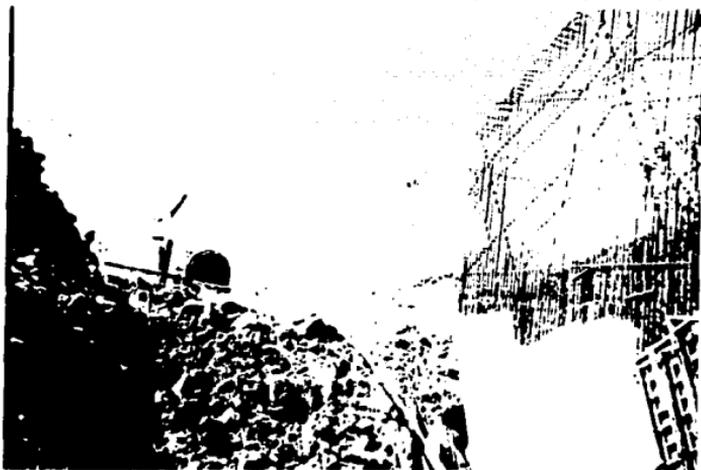


FOTO 13 VISTA FRONTAL DEL ATRAQUE D ANTES DE LA COLOCACION DE LA TUBERÍA.

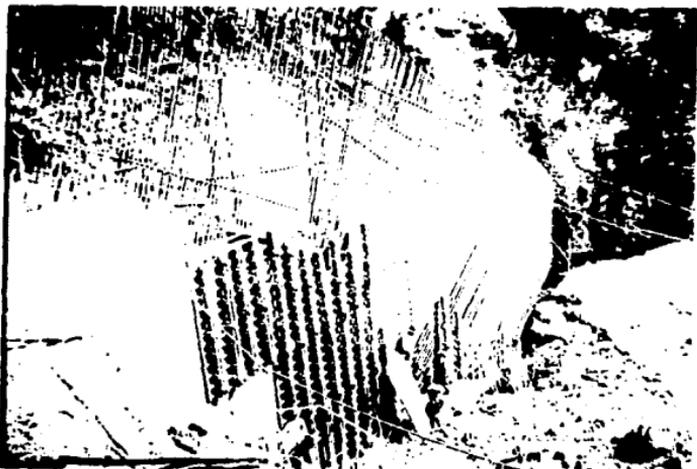


FOTO 14 ARMADO DEL ATRAQUE D1, LOCALIZADO EN LA ENTRADA DEL TUNEL 5 QUE CORRESPONDE AL CADENAMIENTO 0+801.3905.

Las silletas se encuentran en cada uno de los apoyos ya descritos en el capítulo III; siendo estas:

- Tramo 1 ( 0-1 ) no existen.
- Tramo 2 ( 1-A1 ) no existen.
- Tramo 3 ( A1-A2 ), silletas 1,2,3.
- Tramo 4 ( A2-A3 ), silletas 4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15.
- Tramo 5 ( A3-B ) no existen.
- Tramo 6 ( B-B1 ), silletas 16,17,18,19,20,21,22,23,24.
- Tramo 7 ( B1-B2 ), silletas 25,26,27,28,29,30,31,32.
- Tramo 8 ( B2-C ), silletas 33,34,35,36.
- Tramo 9 ( C- C1 ), silletas 37,38,39,40,41,42,43,44,45.

Tramo 10 ( C1-D ), silletas 46,47,48.  
Tramo 11 ( D- D1 ), silletas 49,50,51,52.  
Tramo 12 ( D1-D2 ) no existen.  
Tramo 13 ( D2-I1 ) no existen.

#### IV.4 PROCEDIMIENTO PARA EL MONTAJE DE LA TUBERÍA A PRESION P.H. AGUA PRIETA, JALISCO U-1 Y U-2.

##### VI.1. OBJETIVO

IV.1.1 Métodos a seguir durante la instalación de la tubería a presión en Obra.

##### IV.2. ALCANCE

IV.2.1 Estarán comprendidas dentro del alcance de este procedimiento todas las actividades de instalación de la tubería para el Túnel No. 4 y Túnel No. 5.

##### IV.3. PROCEDIMIENTO DE REVISION

IV.3.1 Código ASME Sección III Div. ii, Edición 77. Código ASME Sección viii, A.W.A. D-1-1.

IV.3.2 Procedimiento de soldadura en campo y calificación de soldadores ( VER FOTOS 15 Y 16 ).



FOTO 15 SISTEMA DE SOLDADURA EMPLEADA EN LA UNION DE LOS TUBOS QUE CONFORMAN LA TUBERIA DE PRESION.



FOTO 16 PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA EMPLEADO EN LA UNION DE LA TUBERÍA DE PRESION.

IV.3.3 Distribución y control de metal aporte de soldadura.

IV.3.4 Inspección de soldadura.

IV.3.5 Procedimiento y reparación de soldadura.

IV.3.6 Tratamiento térmico posterior a la soldadura.

IV.3.7 Pruebas no destructivas: líquidos penetrantes, partículas, magnéticas y radiografía.

IV.3.8 Normativas y seguridad en las maniobras .

IV.3.9 Normas AISC montaje estructural y soldadura.

#### IV.4. INSPECCIONES

IV.4.1 Acceso a tuberías que vayan a ser inspeccionadas en servicio.

IV.4.2 Alineamiento según Código ASME Sección III ( VER FOTOS 17 Y 18 ).

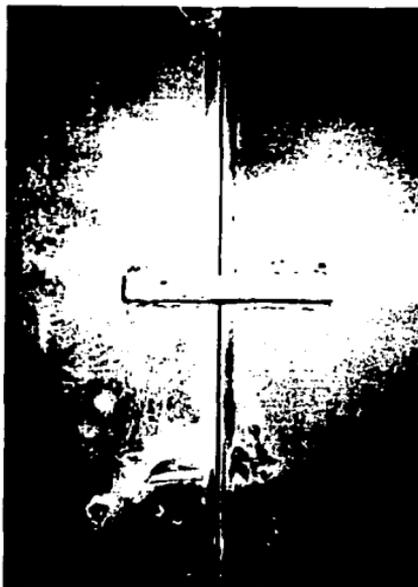


FOTO 17 ALINEAMIENTO Y FIJACION DE LOS TUBOS PARA EVITAR EL MOVIMIENTO ANTES DE SER SOLDADO.



FOTO 18 DETALLE DE LA NIVELACION Y AJUSTE DE LA TUBERÍA DE DIÁMETRO INTERIOR 3.80 M.

IV.4.3 Instalación de accesorios.

IV.4.4 Programa de puntos de inspección para soldaduras.

IV.4.5 Notificación para corte en campo de soldaduras y/o carretes.

IV.4.6 Croquis de campo.

IV.4.7 Hoja de control de montaje y soldaduras en la tubería a presión.

IV.4.8 Formatos para el chequeo dimensional de biseles, alineamientos excéntricos y concéntricos, reportes diametrales

de codos reducciones y piezas rectas ( VER FOTO 19 ).



FOTO 19 EN ESTA TOMA SE MUESTRA LA LLEGADA DE DOS TRAMOS DE TUBO, ASI COMO EL TIPO DE BISEL.

#### IV.4.9

- Camisa metálica Túnel 4.
- Camisa metálica Túnel 5.
- Ubicación y fijación de malacates en área de atraques y fijación de rieles.

IV.4.10 Formato para reporte topográfico AS BUILT.

#### IV.5. PROCEDIMIENTO

#### IV.5.1 Revisión previa al montaje de la tubería.

IV.5.1.1 Los carretes de tubería que deberán ser montados y que se encuentren a la intemperie antes del montaje se deberán colocar sobre polines de madera para evitar el contacto directo con el agua, lodo, arena y materiales contaminantes.

Que puedan dañar los biceles, así como provocar deformaciones en los mismos.

IV.5.1.2 Se deberán comprobar antes de la instalación de la tubería, que está cumpla con un nivel de limpieza; Libre de lodos, grasa y contaminantes.

IV.5.1.3 Durante el manejo, izado y lanzado de tubería se tendrá en cuenta tanto los implementos como cables y equipos que estén debidamente calificados para resistir las cargas así como también los métodos de amarre, para una condición segura y confiable.

IV.5.1.4 Instalar la tubería de acuerdo con los planos de diseño, y para cada junta deberá formularse los puntos de inspección de acuerdo al formato del programa de puntos de inspección de soldadura, teniendo en cuenta las tolerancias especificadas por diseño.

Antes de soldar los carretes se comprobará que las dimensiones de estos coincidan con los isométricos de erección y los totales coincidan con los de los planos ortogonales. Cuando se detecte que se tienen dimensiones mayores de los carretes a las establecidas en los isométricos de erección podrá cortarse la parte sobrante.

#### IV.5.2 Montaje de la Tubería



FOTO 20 PANORAMICA DONDE SE MUESTRA EL AVANCE DE LA TUBERÍA

ENTRE LOS TRAMOS A1-B2.

IV.5.2.1 Prearmado (conformado y punteado).

IV.5.2.2 Montaje de soportes atiezos, ( VER FOTOS 21 Y 22 ).

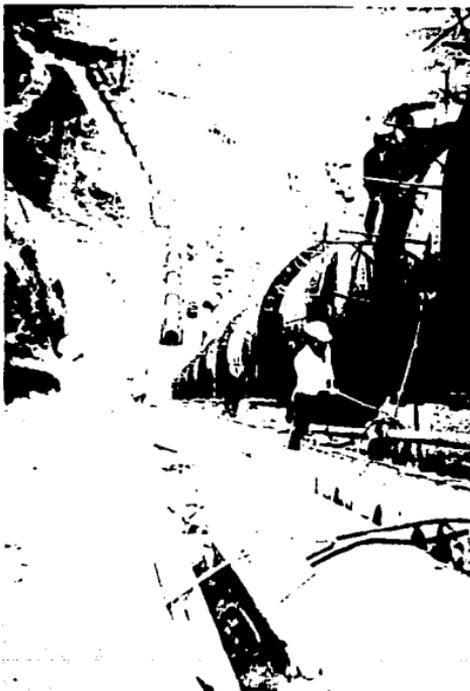


FOTO 21 FIJACION DE LOS ANILLOS ATIESADORES ENTRE LOS PUNTOS B2 Y C1.



FOTO 21 TOMA DE LOS ANILLOS ATIESADORES Y UNION DE ESTOS CON LAS SILLETAS.

IV.5.2.3 Maniobra para posicionar tubo en carro de lanzamiento.

IV.5.2.4 Lanzamiento del tubo, recorrido del carro una vez colocado el tubo en el carro se realizará hacia adentro del túnel hacia su posición (este montaje se hará de adentro hacia afuera), auxiliado con la patesca anclada.

IV.5.2.5. Hasta que el tubo este alineado, nivelado y apuntalado para la posición final del tubo se trabajará con gatos (de botella) para darle altura, nivel final, alineación, auxiliados con equipo de topografía, finalmente el tubo será fijado con

puntales de placa soldados al tubo.

IV.5.2.6 Se procederá a su conformado.

El conformado de juntas se hará auxiliado con gatos mecánicos e hidráulicos herrajes, cunas y sietes, de placas de acero.

Los siete se colocaran soldados al tubo en las áreas donde existe deformaciones solamente.

IV.5.2.7 Se procederá al montaje de los bloques espaciadores en una distribución de 90 grados uno con respecto al otro.

IV.5.2.8 La soldadura será aplicada por el interior o de acuerdo a la configuración del bisel (punteado para el desmontado de bloques espaciadores).

IV.5.2.9 La aplicación de soldadura de raíz será aplicada por el interior o exterior de acuerdo a la configuración del bisel con las normas y códigos ANSI B31.1, ASME Sección V, ASME Sección VIII y AWS B1.1; con precalentamiento de la junta a 100 grados C para las placas de espesor de 1" y mayores, la temperatura entre pasos deberá ser de 100 grados C como marca la especificación; todas las soldaduras serán radiografiadas al 100%.

IV.5.2.10 En el caso del Túnel 4 los elementos de apoyo que se usarán para fijación del tubo podrán servir para el anclaje entre el tubo y la camisa del concreto.

#### IV.5.3 Accesos

IV.5.3.1 En el caso de juntas que vayan a ser inspeccionadas en servicio, se pondrá especial atención para que el acceso a las mismas no este limitado más de lo que se muestren uno de los anexos.

#### IV.5.4 Limpieza Previa

IV.5.4.1 Antes de proceder al punteado de las juntas se deberá tener en cuenta que el bisel de la junta y al menos 1" a cada lado de la misma por el interior y el exterior este libre de oxidación, grasa, pintura, humedad, etc.

#### IV.5.5 Reparación de bordes (biseles)

IV.5.5.1 Todas las juntas de tubería a unir los biseles deberán cumplir con la configuración (editadas) por proyectos C.F.E. y que son:

229.28/4-C-54-82015 camisa met. túnel 4

229.28/4-C-53-82014 camisa met. túnel 5

IV.5.5.2 En el caso de unión de tuberías a equipos se requiera que la junta por el lado del equipo cumpla con los requerimientos de los planos del equipo.

IV.5.5.3 Cuando se requiera cortar tubería será de acuerdo con lo siguiente:

a).- Puede ser usado el corte mecánico, bien sea disco metálico o disco abrasivo.

b).- Por medio de corte térmico.

Posteriormente biselar de acuerdo con lo requerido para el proceso de tubería e inspeccionar visualmente.

IV.5.5.4 Cuando se utilice el corte térmico se tomará en cuenta que:

- Para el acero al carbón se podrá utilizar el corte térmico eliminando posteriormente rebabas y escorias por medio de esmerilado, la zona de rebaje será de al menos 1/16", para este tipo de materiales es necesario aplicar el mismo precalentamiento que el especificado para la junta de soldadura.

IV.5.5.5. Si durante la fase de montaje de tubería se observase danos en los biseles, estos podrán ser reparados en el área de acuerdo al procedimiento de reparación y soldaduras.

IV.5.6.1 Cuando una junta de soldadura este situada a 10" o a menos de otro elemento, y sea accesible en más de 30 grados en sentido circunferencial será necesario una prueba al soldador antes de comenzar a soldar en las mismas condiciones, en las que se encuentra la junta físicamente.

La probeta utilizada para la prueba tendrá 1/2" de espesor y será radiografiada al 100 % con los criterios de soldadura en producción.

IV.5.7.1.1. Cuando después de efectuar la soldadura la superficie interior vaya a quedar accesible; el máximo desalineamiento permitido será el que se especifica en la tabla siguiente, donde "T" es el espesor de la sección mas delgada de las pieza a unir.

ESPESOR DE LA SECCION "T"	DIRECCION DE LA JUNTA	
	LONGITUDINAL	CIRCUNFERENCIAL
Hasta 1/2" inclusive	T/4	T/4
De 1/2 a 3.4" inclusive	1/8"	T/4
De 3/4 a 1 1/2" inclusive	1/8"	3/16
De 1 1/2 a 2"	1/8"	T/8
Mayor de 2" la menor de T/16 p 3/8 la menor de T/8 p 3/4"		

IV.5.7.1.2 Cuando después de efectuar la soldadura la superficie interior vaya a quedar inaccesible, el desalineamiento máximo permisible será:

IV.5.7.1.2.1 En el alineamiento concéntrico 1/16" de diferencia entre diámetros nternos de los componentes a unir o bien a desalineamiento uniforme alrededor de toda la junta de 1/32".

IV.5.7.1.2.2 En caso de alineamiento excéntrico se permite un desalineamiento máximo de 3/32" en cualquier punto.

IV.5.7.1.2.3 Cuando no se consigue el alineamiento de estos limites se permite maquinarse el interior de la tubería o boca del

componente se deberá mantener la configuración de la junta inicial de acuerdo con los planos del párrafo 8.4.1.

El espesor que quede una vez maquinado cumplirá que:

a).- El espesor restante sea mayor que el 87.5% del espesor nominal.

b).- La sección de transición maquinada será de 30 grados máximo con respecto al eje de la tubería.

IV.5.7.1.2.4 Para dar por liberada la pieza en su alineación al 100 %, es necesario que se cheque la pieza topográficamente con respecto a un nivel, elevación y cadenamamiento.

#### IV.5.8. Precalentamiento.

IV.5.8.1 El precalentamiento será el indicado en el procedimiento de soldadura correspondiente.

IV.5.8.2 El precalentamiento se realizará según lo indicado en el procedimiento de tratamiento térmico posterior a la soldadura.

#### IV.5.9 Punteado

IV.5.9.1 El punteado se realizará por soldadores calificados y el material de aporte serán los indicados en los procedimientos correspondientes a la soldadura de la junta.

#### IV.5.10 Material de Aporte

IV.5.10.1 Tanto la varilla desnuda, carretes de alambre así como los electrodos recubiertos deben ser los adecuados con el proceso de soldadura mediante la boleta de materiales para soldadura.

IV.5.11 Instalación de Bloques Espaciadores Cuando se instalen bloques espaciadores para fijar los tramos una vez alineados; se cumplirá con los siguiente:

a).- Deberán utilizarse bloques espaciadores para garantizar una separación de raíz uniforme y esta no pierda su dimensión por temperatura durante el proceso de soldadura, (4 blocks espaciadores mínimo), localizado a 90 grados a uno con respecto al otro.

Deberán fabricarse los bloques espaciadores de acuerdo al perfil del bisel de que se trate.

b).- El material de los bloques es el mismo tipo y grado que el material base.

c).- Los bloques están identificados en cuanto al material.

d).- Que el material de aportación para puntearlos sea el adecuado y esté certificado mediante la comprobación de la boleta del material de soldadura del soldador.

e).- Que el soldador este calificado en el proceso usado.

f).- Que se use al menos 4 bloques espaciadores separados entre sí aproximadamente 90 grados.

IV.5.12 Eliminación de bloques espaciadores Después de eliminar los puntos de soldadura de los bloques espaciadores la zona se inspeccionará mediante líquidos penetrantes.

IV.5.13 Precalentamiento y/o temperatura entre pasadas

IV.5.13.1 Cuando se requiera por procedimiento se realizará el precalentamiento, el cual se verificará por medio de lápices termofusibles al igual que la temperatura entre pasadas.

IV.5.14 Paso de raíz

IV.5.14.1 La superficie quedara libre de defectos tales como

- a).- Faltas de fusión
- b).- Falta de penetración
- c).- Concavidad excesiva.
- d).- Rechupes.
- e).- Descolgadas.
- f).- Grietas.
- g).- Porosidad.
- h).- Escorias.
- i).- Traslape.
- j).- Cráteres.

Siempre que haya acceso por el interior, la inspección será por ambos lados.

IV.5.15 Acabado superficial final.

IV.5.15.1 Las superficies quedaran libres de defectos como:

- a).- Falta de penetración (cuanto haya acceso).
- b).- Concavidad excesiva.
- c).- Rechupes.
- d).- Descolgadas.
- e).- Grietas.
- f).- Porosidad.
- g).- Cráteres.
- h).- Escorias.
- i).- Traslape.
- j).- Golpes de arco.
- k).- Mordeduras.
- l).- Inclusión de escorias.
- m).- Socabaduras de 1/32" máximo.

Deberá existir una transición suave entre metal base y soldadura (sin filos abruptos).

IV.5.15.2 El espesor de la corona deberá cumplir con los siguientes valores:

- a).- Soldaduras según ASME III
- Espeor nominal

Máximo sobre-espeor

Material en pulgadas	columna 1	columna 2
De 1/8" inclusive	3/8"	3/32"
De 1/8" hasta 3/16" inclusive	1/8"	3/32"
De 3/16" hasta 1/2" inclusive	5/32"	1/8"
De 1/2" hasta 1" inclusive	3/16"	5/32"
De 1" hasta 2" inclusive	1/8"	5/32"
Mas de 2" la mayor de 1/4" o	1/8"	5/32"

Siendo "A" la anchura de la soldadura en pulgadas.

Soldadura por ambos lados sobre espesor interno y externo en la columna 1.

Soldadura simple: Sobre espesor interno en columna 2  
Sobre espesor externo en columna 1

Soldadura inferior 3/32" altura de corona.

#### 5.16 Tratamiento térmico post-soldadura (T.T.P.S.)

IV.5.16.1 Será el indicado en las hojas de datos de soldadura o isométricos de erección será realizado de acuerdo con el procedimiento de tratamiento térmico posterior a la soldadura.

#### IV.5.17 Reparaciones.

IV.5.17.1 Cuando en la inspección visual o ensayos no destructivos aparezca un defecto: que no cumpla con los criterios de aceptación, este será rechazado por COCASA.

IV.5.17.2 El especialista de soldadura de la contratista dará las instrucciones de reparación del defecto, de acuerdo a su procedimiento de reparaciones.

IV.5.17.3 El defecto deberá ser reparado de acuerdo al punto anterior.

IV.5.18.4 Se volverán a realizar los ensayos no destructivos.

#### IV.5 PROCEDIMIENTO DE MONTAJE EN LOS DIFERENTES FRENTEROS.

##### FRENTE 1.

Para el montaje en el túnel 4 se preparará la clave del túnel para colar una plantilla de concreto en la cual se fijaron los rieles para el carro de montaje. Los tubos pertenecientes al túnel fueron depositados en la plataforma que se encuentra en el tramo 1-A1, de ahí fueron tomados por una grúa con una capacidad de 60 ton., esta se encargaba de sujetar los tubos y colocarlos sobre el carro de montaje, este carro se encontraba a la salida del túnel; para darle la dirección al carro de montaje se colocaron poleas de desvío; el cable que sujetaba al carro de montaje era sostenido por un malacate con una capacidad de 5 ton.

Para el montaje una de las poleas de desvío fue colocada a la entrada del túnel 4 y el malacate en la salida, así que el malacate tiraba desde afuera del túnel y el carro con el tubo se introducía a el túnel hasta llegar a la posición correspondiente en donde se alineaba y se soldaba a la continuación de la tubería.

El procedimiento de montaje para la bifurcación superior que le corresponde al tramo 1-A1 es más sencilla ya que la grúa de 60 ton. era la encargada de recoger los tubos y llevarlos hasta la posición correspondiente.

En el tramo comprendido del punto 1 al punto A1 se encuentra una reducción que cambia de 5 mts. de diámetro interior a 3. 8 m, también se encuentra la bifurcación superior, que será montada, para realizar su montaje se seccionará esta pieza ya que con la grúa de 60 ton. se podrá efectuar su montaje sin que se presenten problemas.

#### FRENTE 2.

Para el montaje del frente 2 que se encuentra ubicado entre los puntos A2 y el punto B1, se prepara la superficie del terreno para colar una plantilla de concreto en la cual se fijarán los rieles para el carro de montaje. Los tubos pertenecientes a este tramo fueron colocados en el tramo 1-A1; empezando por los canutos del punto B1 hacia A2.

En el punto B1 fue colocado el atraque para la fijación del codo para que sirviera de apoyo para los canutos que se irían colocando. El procedimiento de montaje es muy sencillo aunque debido a las dimensiones y peso de los tubos presentaba un cierto riesgo, el malacate que se encontraba en la salida del túnel 4 fue ocupado para atacar este segundo frente así como la grúa de 60 ton., los tubos que eran traídos de la playa de montaje ubicada en la parte superior del tanque regulador se recibían con la grúa y colocados en el carro de montaje fijado por el malacate, el cual una vez colocado en posición y fijado se lanzaba por la pendiente hasta llegar a su posición, también se utilizaron poleas de desvío para auxiliar al carro de montaje en los cambios de dirección y cambio del cable del malacate.

En el tramo que se encuentra entre los puntos A1-A2 se utiliza el mismo procedimiento que el descrito anteriormente, solo que es necesario para el lanzamiento de la tubería tener colado el atraque A2.

#### FRENTE 3.

Este frente se encuentra entre los puntos D2 y I1, corresponde a este frente el túnel 5 y para el montaje de la tubería dentro del túnel se siguió un procedimiento similar al tomado en el

FRENTE 1.

Se preparó la clave del túnel para fabricar una plantilla de concreto en la cual se encuentran fijados los rieles sobre los cuales se colocara el carro de montaje, los tubos pertenecientes a este tramo se colocaran en la plataforma situada después del punto I1, para la colocación en el carro de montaje se utiliza una grúa con una capacidad de 60 ton, esto ocurre en la salida del túnel.

Para darle la dirección al carro de montaje se colocan las poleas de desvío y sobre estas un cable que sujeto a un malacate con una capacidad de 5 ton. daba la fuerza para mover el carro de montaje y así llevar el tubo hasta la posición correspondiente para que este fuera soldado en la continuación del tubería.

FRENTE 4.

Este frente esta comprendido del punto D1 al D2 y la colocación de los tubos se efectúa del punto D1 al punto D2 ( de arriba hacia abajo ).

Para la colocación de la tubería se fabricó una plantilla de concreto en la cual se apoyan los rieles que conducen al carro de montaje, este carro esta controlado por cables conectados a un malacate de 20 ton.de capacidad; los tramos se colocan en el carro de montaje por medio de una grúa de 60 ton. que se encuentra situada en la lateral del lugar en donde se encontrará la tubería.

FRENTE 5.

Este frente va del punto D2 al punto C1 no presenta ningún tipo de problema en el montaje ya que debido a que tiene una longitud de 224.22 y este tramo es horizontal, la grúa se puede desplazar fácilmente y colocar los tubos en su lugar, por esto es que en este para la colocación de la tubería en este tramo no se necesito el carro de montaje, por otra parte los trabajos de soldadura se desarrollaron con más facilidad en comparación con los demás tramos.

FRENTE 6.

Este frente va del punto B1 al B2 realizar el montaje en este tramo se dificultó ya que este presenta una pendiente considerable, primero se fabricó una plantilla de concreto en donde se alojarían los rieles del carro de montaje, en la parte inferior del atraque B1 se colocó un terraplén para apoyar el malacate, este terraplén también se utiliza para poder dar paso a la grúa y que esta pudiera colocar los tramos de tubo en el carro de montaje.

El procedimiento es similar al procedimiento utilizado en el

FRENTE 2, una vez colocado el tubo en el carro de montaje se lleva a su posición correcta y ayudado por unos gatos se alinean y se procede a ser soldado con la continuación.

FRENTE 7.

Este frente va del punto C1 al punto D1 el proceso de montaje es similar al utilizado en el FRENTE 6 con la particularidad de que aquí no se necesita plantilla de concreto ya que los rieles se apoyan directamente sobre el terreno y los taludes del muro, por esto su funcionamiento es similar al de un puente.

FOTO 22 EN ESTA FOTOGRAFIA SE OBSERVA EL CARRO DE  
MONTAJE

FRENTE 2, una vez colocado el tubo en el carro de montaje se lleva a su posición correcta y ayudado por unos gatos se alinean y se procede a ser soldado con la continuación.

FRENTE 7.

Este frente va del punto C1 al punto D1 el proceso de montaje es similar al utilizado en el FRENTE 6 con la particularidad de que aquí no se necesita plantilla de concreto ya que los rieles se apoyan directamente sobre el terreno y los taludes del muro, por esto su funcionamiento es similar al de un puente.

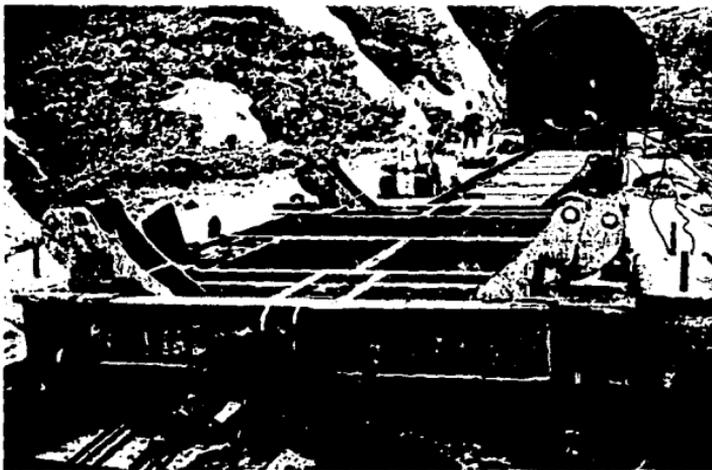


FOTO 22 EN ESTA FOTOGRAFIA SE OBSERVA EL CARRO DE MONTAJE

**CAPITULO V****COMENTARIOS**

Considero que este tipo de obras es de gran ayuda para el desarrollo económico de nuestro país, ya que debido a los requerimientos de energía eléctrica en horas pico, y a la escases de recursos hidráulicos se hizo indispensable el aprovechamiento del potencial que presentaba la zona de Agua Prieta.

Por las grandes cantidades de aguas negras que desalojaba la ciudad de Guadalajara y de su desaprovechamiento al ser enviada directamente al Río Santiago, se penso en utilizar este recurso en la utilización de energía eléctrica, a pesar de que los volúmenes de aguas negras eran grandes no eran los requeridos para que está planta hidroeléctrica funcionara a toda su capacidad; debido a esto se pensó entonces en su utilización como planta hidroeléctrica que trabajara en horas pico, estas horas pico se definen como las horas en las que se presenta mayor demanda de energía eléctrica en un día ( se presentan aproximadamente de 7 a 11 p.m.)

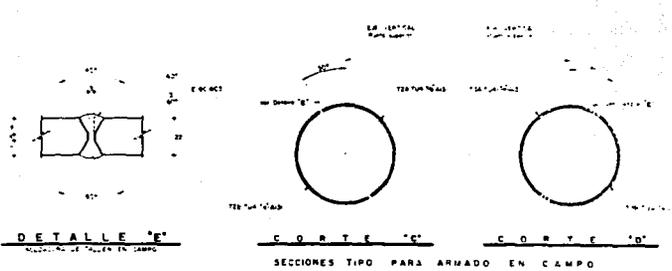
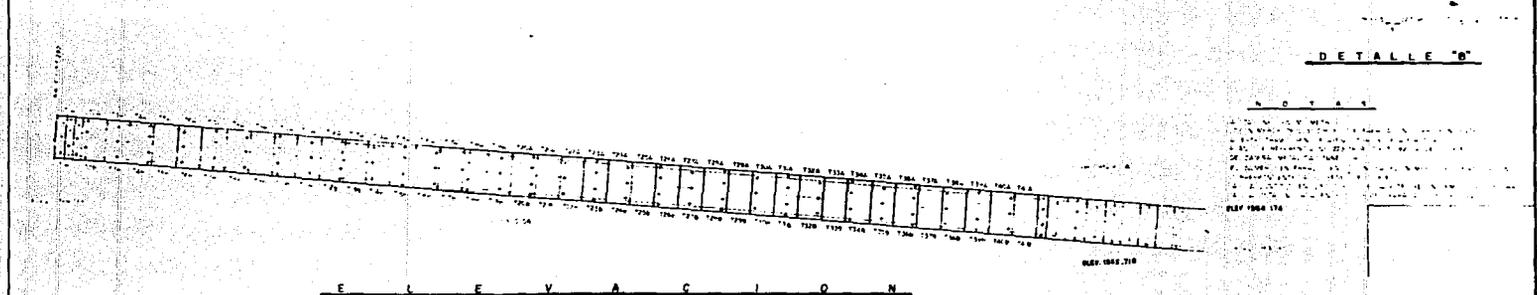
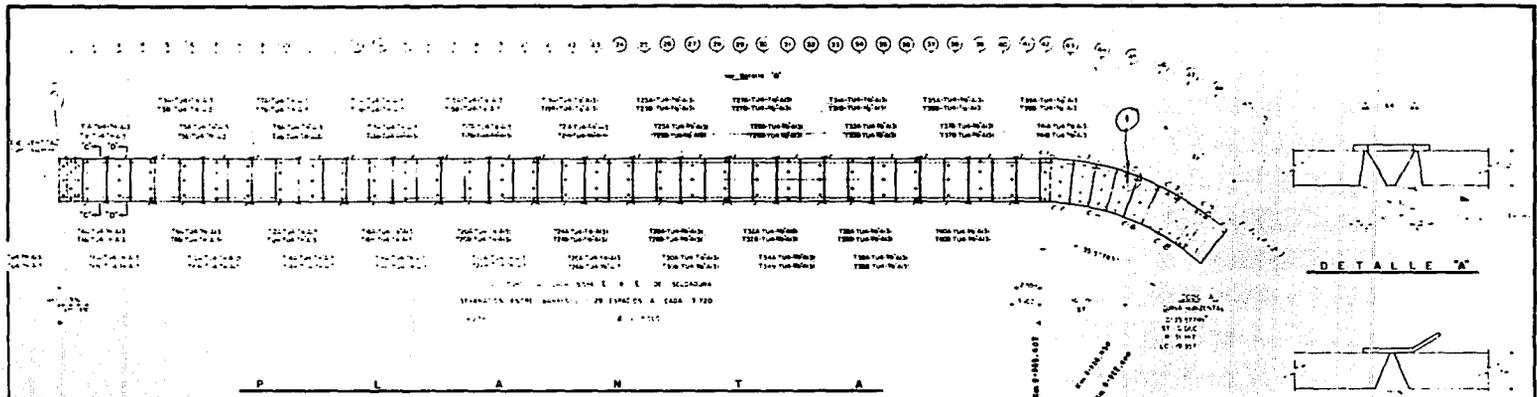
Esta obra tuvo algunos problemas importantes como son, la situación socio-política en el tanque regulador por la cercanía que presenta esté con la Ciudad de Guadalajara. La falla que presentó el tanque en su base, el deslizamiento de un gran talud frente a casa de máquinas y las complicaciones de montaje en la tubería de presión.

En el desarrollo de este tema de tesis se observo que los problemas que surgieron en el montaje de la tubería de presión no fueron de tipo técnico, ni debidos al procedimiento de montaje seleccionado, estos se debieron a las condiciones de inestabilidad del terreno y fallas en toda su longitud, por esto se requirió de ingenieros especializados en diferentes disciplinas y toda su experiencia para poder lleva a cabo la culminación de esta obra.

Considero que promover la estancia de los estudiantes en sus últimas etapas de la carrera ayudaran en un 100 % a mejorar su calidad como ingenieros, tomar conciencia y así tener una visión más amplia de lo que es la carrera.

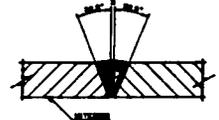
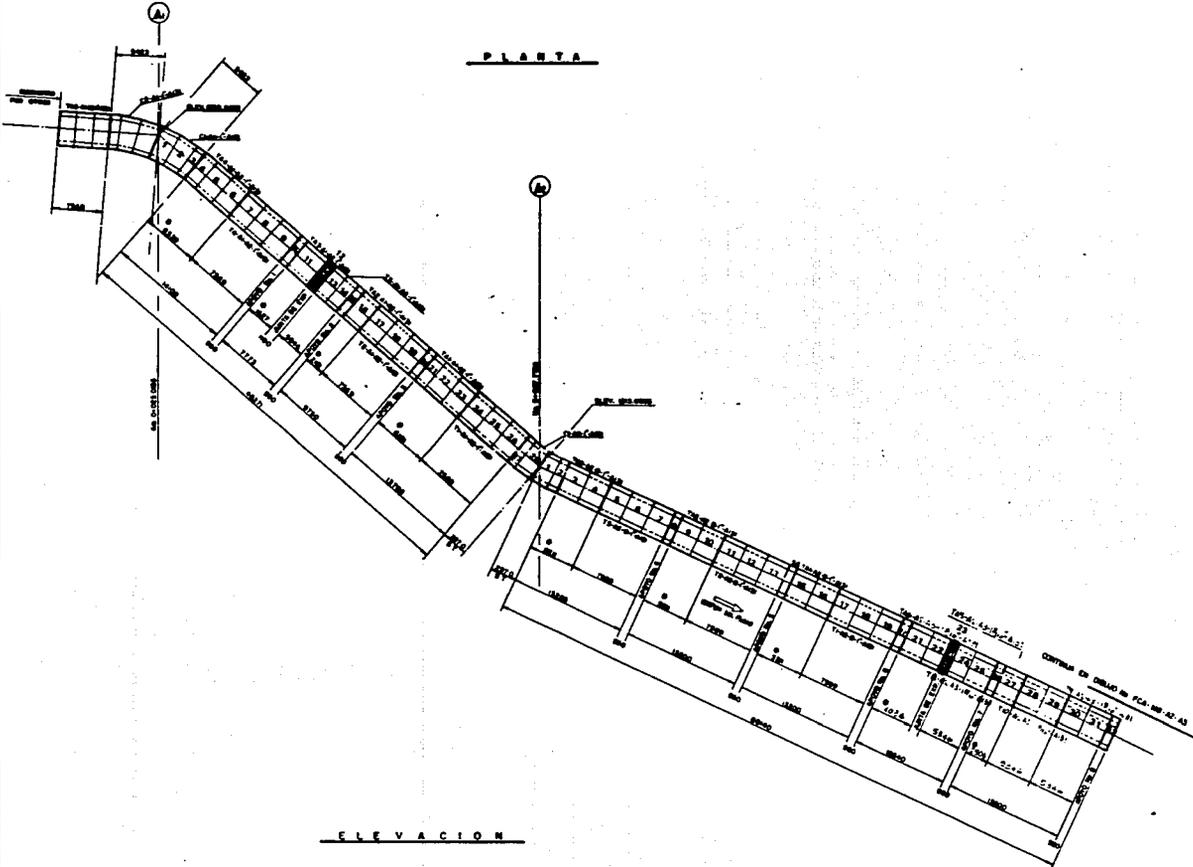




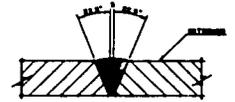


<b>U N A M</b>	
FACULTAD DE INGENIERIA	
TESIS PROFESIONAL	
MONTAJE DE LA TUBERIA A PRESION DEL P.H. AGUA	
PIRETA EN GUADALAJARA, JAL.	
INGENIERIA CIVIL	
ALUMNO	JOSE LUIS DEL POZZO NAGARA
PLANO	PA 007A Y BARRACION
CLAVE	22-1





DETALLE "A"  
TUBERIA 150 MM. C/45° SUELO

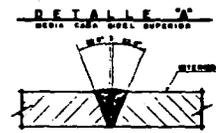
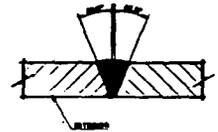
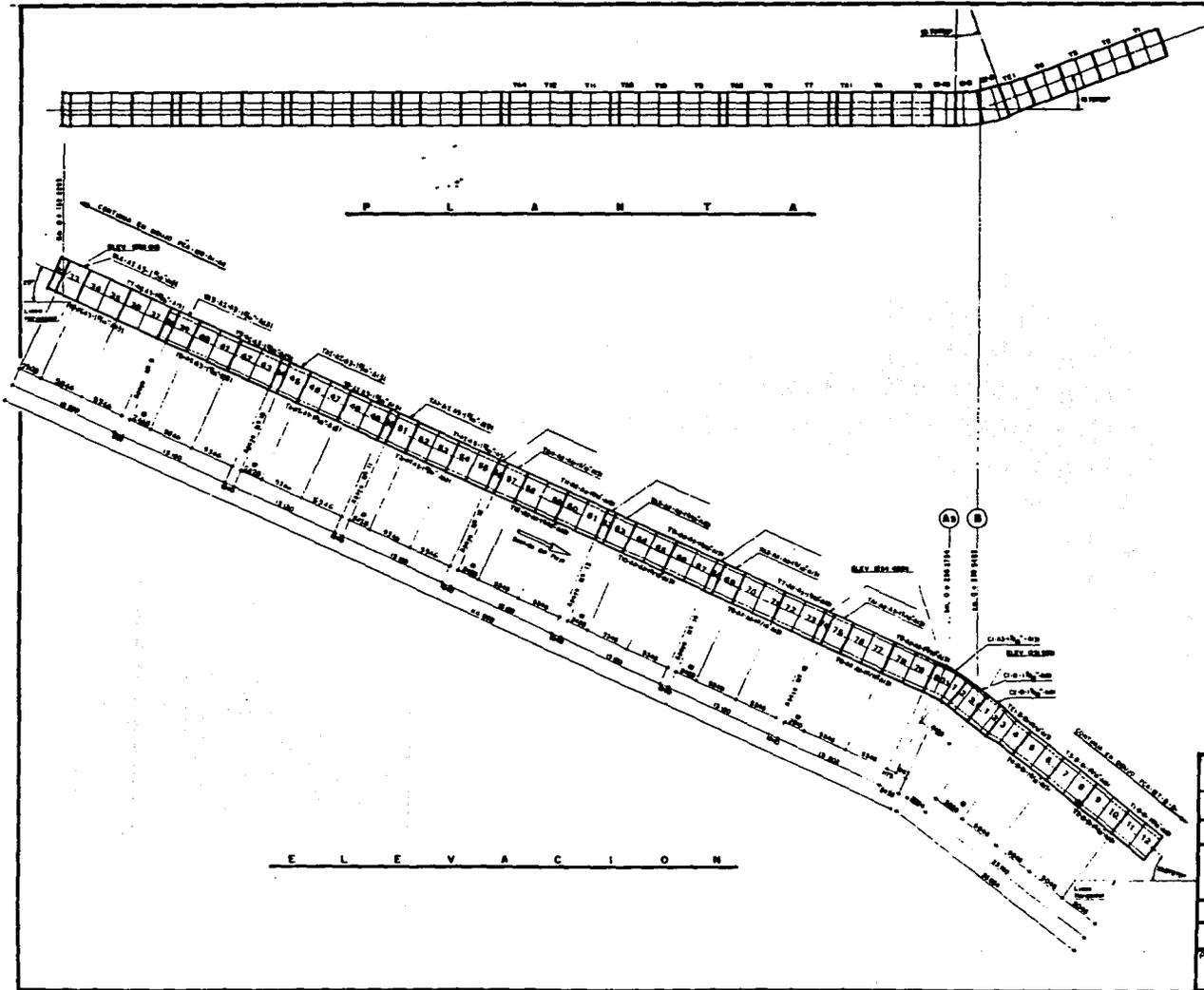


DETALLE "B"  
TUBERIA 150 MM. C/45° SUELO

NOTAS

-NOTIFICACION EN OBJETIVO  
 EN LA LIMPIA DE LOS TUBOS DE ANTE DE ENTERRARLOS  
 EN CASO A LA DATA INDICADA EN ESTE TRABAJO, REALIZAR EL CUBRIR

<b>U N A M</b>	
FACULTAD DE INGENIERIA	
TESIS PROFESIONAL	
MONTAJE DE LA TUBERIA A PRESION DEL P.M. AGUA PRIETA EN GUADALAJARA, JAL.	
INGENIERIA CIVIL	
REALIZO	JOSE LUIS DEL POZZO MAGAÑA
PLANO	PLANTA Y ELEVACION TRABAJOS A-1-A2
CLAVE	II - 3

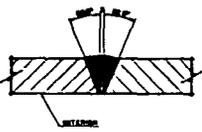
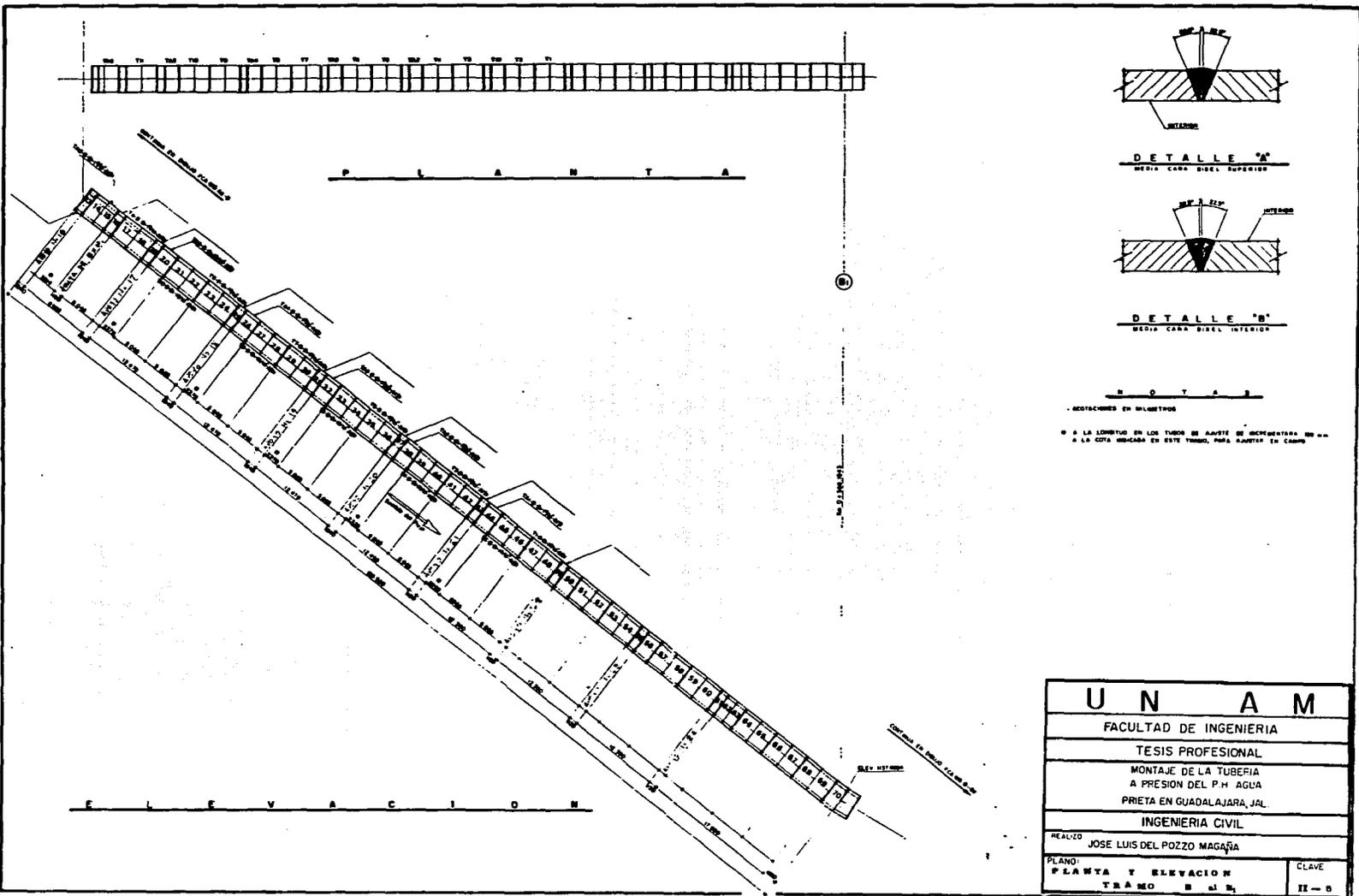


**NOTAS**

- MEDICIONES EN MILIMETROS

◊ A LA LÍNEA DE LOS TUBOS SE AÑADIRÁ 100 MM A LA COTA INDICADA EN ESTE PLANO, MÁS AÑADIRÁ EN CASO

<b>U N A M</b>	
FACULTAD DE INGENIERIA	
TESIS PROFESIONAL	
MONTAJE DE LA TUBERIA A PRESION DEL P.M. AGUA	
PRIETA EN GUADALAJARA, JAL.	
INGENIERIA CIVIL	
REALIZO	JOSE LUIS DEL POZZO MAGAÑA
PLANO:	CLAVE
PLANTA Y ELEVACION	II-6
TRAMO A1 y A2	



DETALLE "A"  
MEDIA CARA BISEL SUPERIOR



DETALLE "B"  
MEDIA CARA BISEL INTERIOR

**N O T A S**

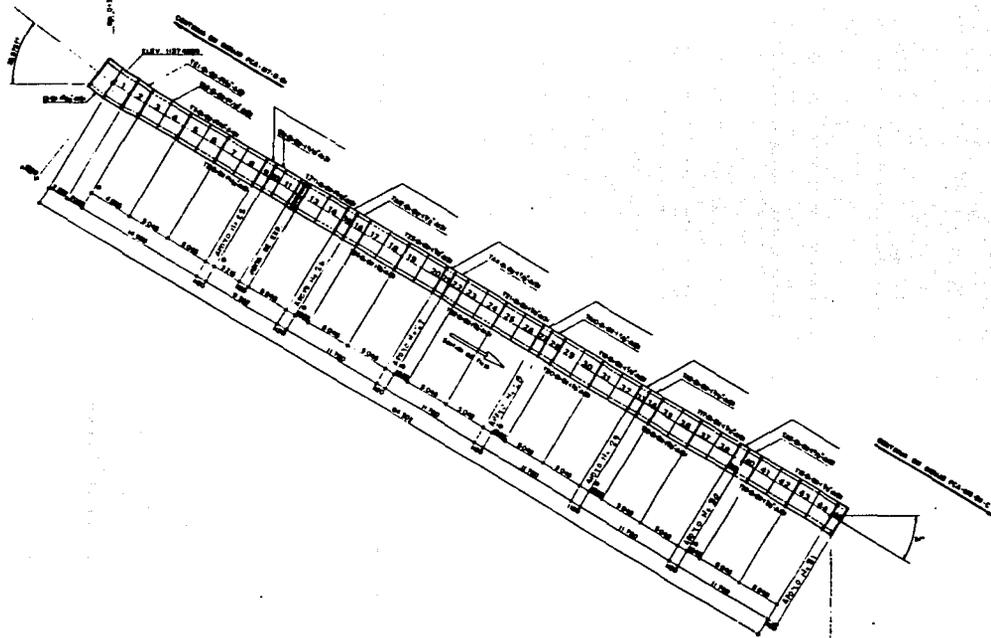
...RESTRICIONES EN BILLETOS

... A LA LINEA EN LOS TUBOS DE AJUSTE DE INCREMENTA NO ...  
... A LA COTA INDICADA EN ESTE TUBO, PARA AJUSTAR EN CAMPO

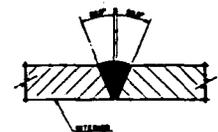
<b>U N A M</b>	
FACULTAD DE INGENIERIA	
TESIS PROFESIONAL	
MONTAJE DE LA TUBERIA A PRESION DEL P.H. AGUA	
PRIETA EN GUADALAJARA, JAL.	
INGENIERIA CIVIL	
REALIZO	JOSE LUIS DEL POZZO MAGAÑA
PLANO:	CLAVE
PLANTA Y ELEVACION	II-5
TRAMO B al B <sub>1</sub>	



P L A N T A



E L E V A C I O N



DETALLE "A"  
MEDIA CARA BISEL SUPERIOR

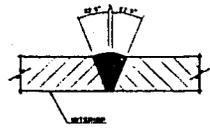
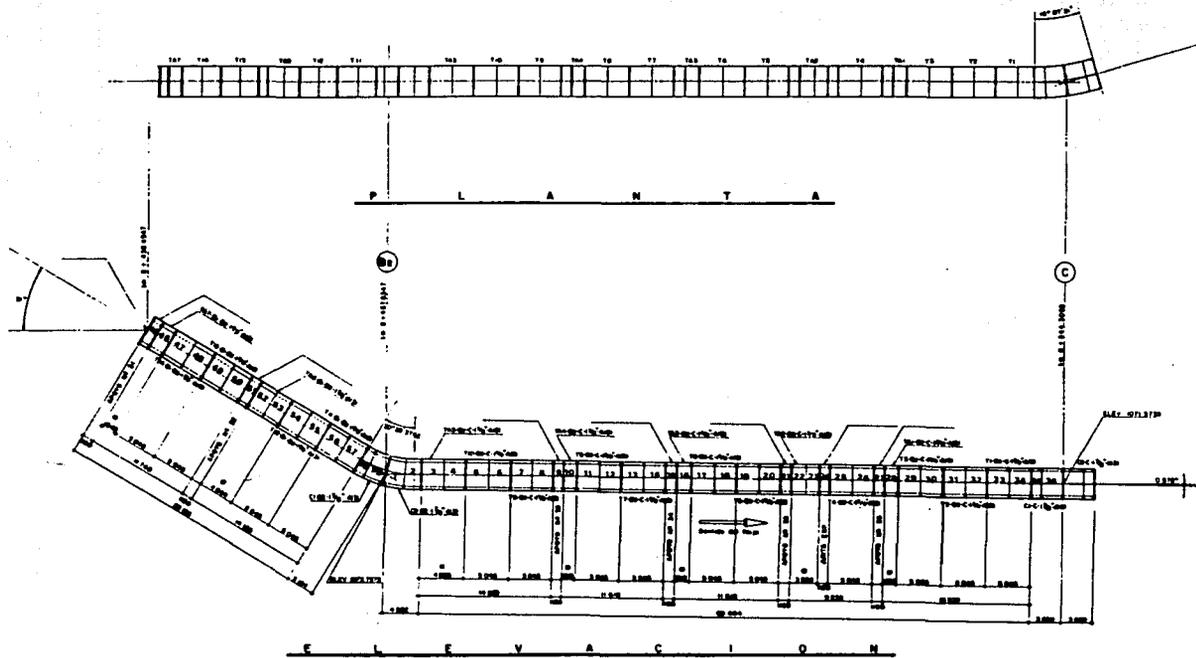


DETALLE "B"  
MEDIA CARA BISEL INTERIOR

E N T A

• DIMENSIONES EN MILIMETROS  
 • LA LONGITUD EN LOS TUBOS DE BARRA DE REPRESENTACION TIENE A LA OTRA MEDIDA EN ESTE TRAMO PARA MONTAR EN CAMPO

<b>U N A M</b>	
FACULTAD DE INGENIERIA	
TESIS PROFESIONAL	
MONTAJE DE LA TUBERIA A PRESION DEL P.H. AGUA PRIETA EN GUADALAJARA, JAL.	
INGENIERIA CIVIL	
REALIZO JOSE LUIS DEL POZZO MAGAÑA	
PLANO PLANTA Y ELEVACION TRAMO DEL B2	CLAVE II-0



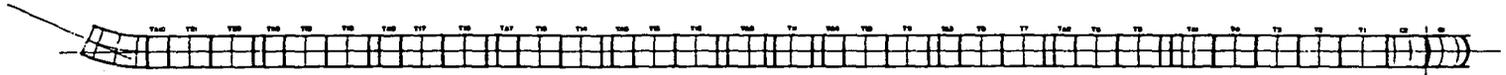
DETALLE "A"  
MEDIA CADA BIFURCACION SUPERIOR



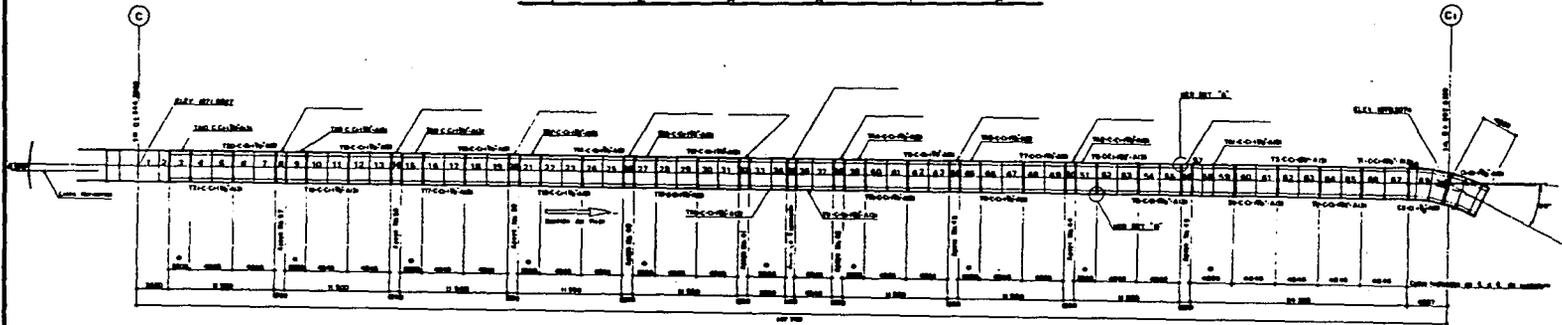
DETALLE "B"  
MEDIA CADA BIFURCACION INFERIOR

NOTAS  
NOTACIONES EN MILIMETROS

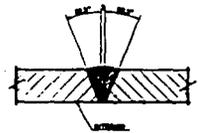
<b>U N A M</b>	
FACULTAD DE INGENIERIA	
TESIS PROFESIONAL	
MONTAJE DE LA TUBERIA A PRESION DEL P.H. AGUA PRIETA EN GUADALAJARA, JAL.	
INGENIERIA CIVIL	
REALIZO	JOSE LUIS DEL POZZO MAGAÑA
PLANO	CLAVE
PLANTA Y ELEVACION	II-7
TRAMO B <sub>2</sub> al C	



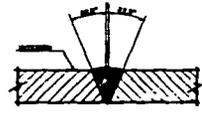
P L A N Y A



E L E V A C I O N



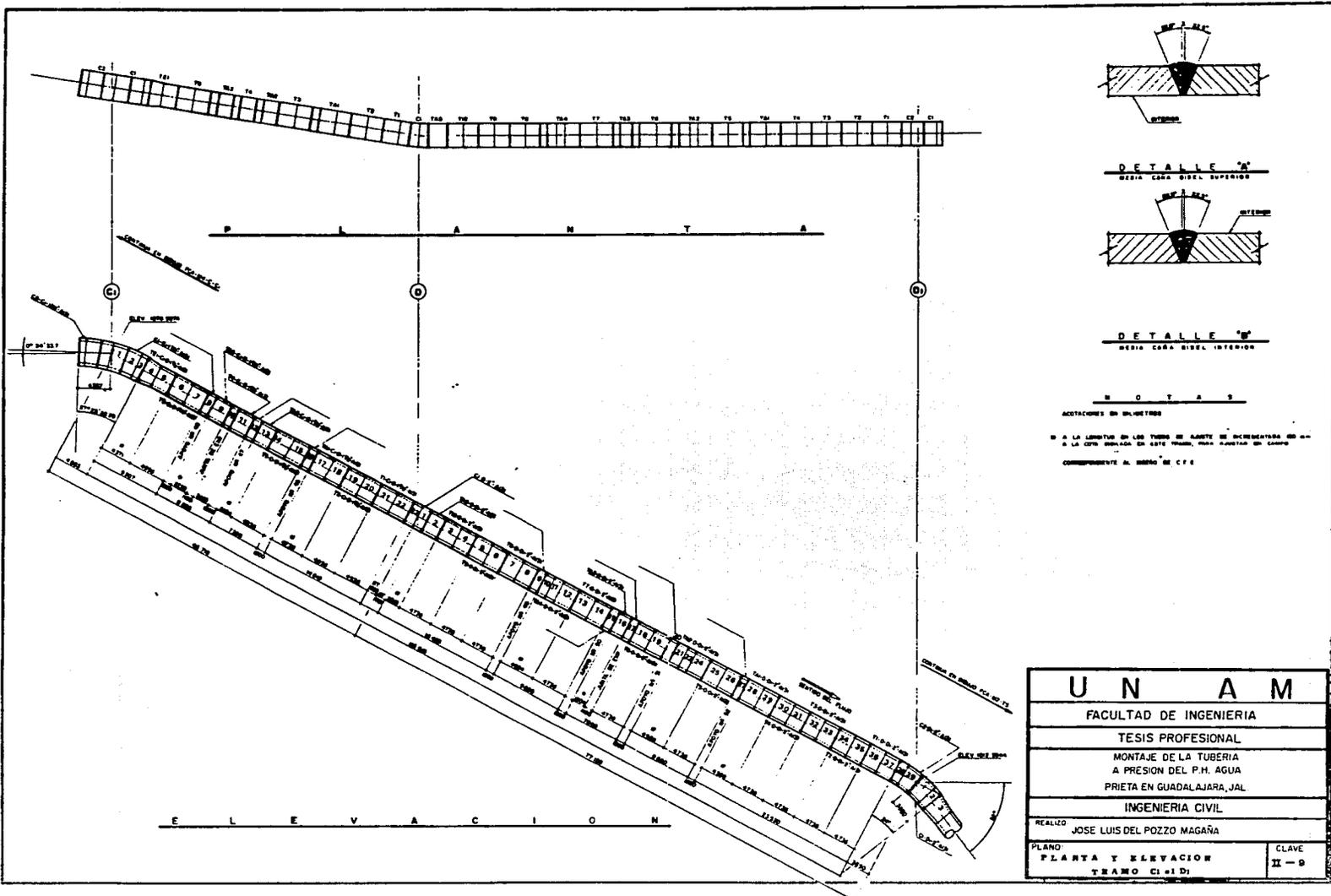
DETALLE "A"  
(MEDA CARA SUPERIOR)



DETALLE "B"  
(MEDA CARA INFERIOR)

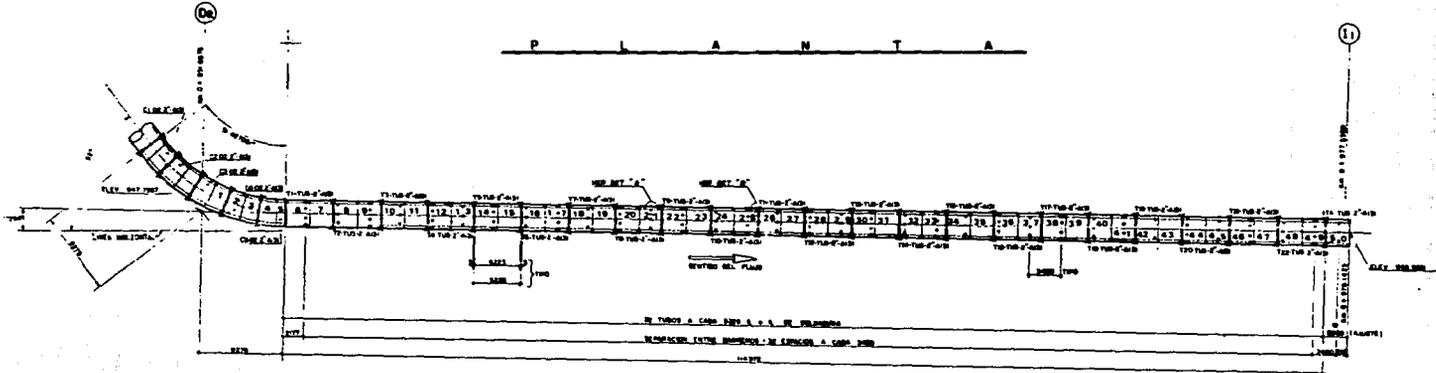
NOTA  
 1. A LA LONGITUD DE LOS TUBOS SE MARCAN CORRESPONDIENTE  
 2. EN LA LINDA DE LA DOTA INDICADA EN ESTE TUBO, PARA ADAPTAR  
 EN CASO

<b>U N A M</b>	
FACULTAD DE INGENIERIA	
TESIS PROFESIONAL	
MONTAJE DE LA TUBERIA A PRESION DEL P.H. AGUA PRIETA EN GUADALAJARA, JAL	
INGENIERIA CIVIL	
REALIZO	JOSE LUIS DEL POZZO MAGAÑA
PLANO	PLANTA Y ELEVACION
	TRAMO C A I C
CLAVE	II-6

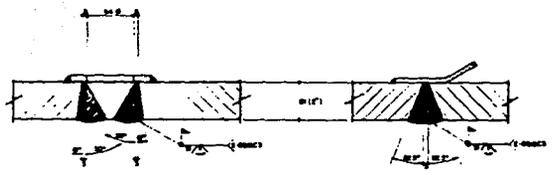




P L A N T A



E L E V A C I O N



DETALLE "A"

DETALLE "B"

N O T A S

- ACOTACIONES EN MILIMETROS

• - A LA LÍNEA EN LAS TUBERÍAS DE ACOTACIONES  
 A LA COTA INDICADA EN ESTE TRAZO, PARA ACOTE DE CAMPO

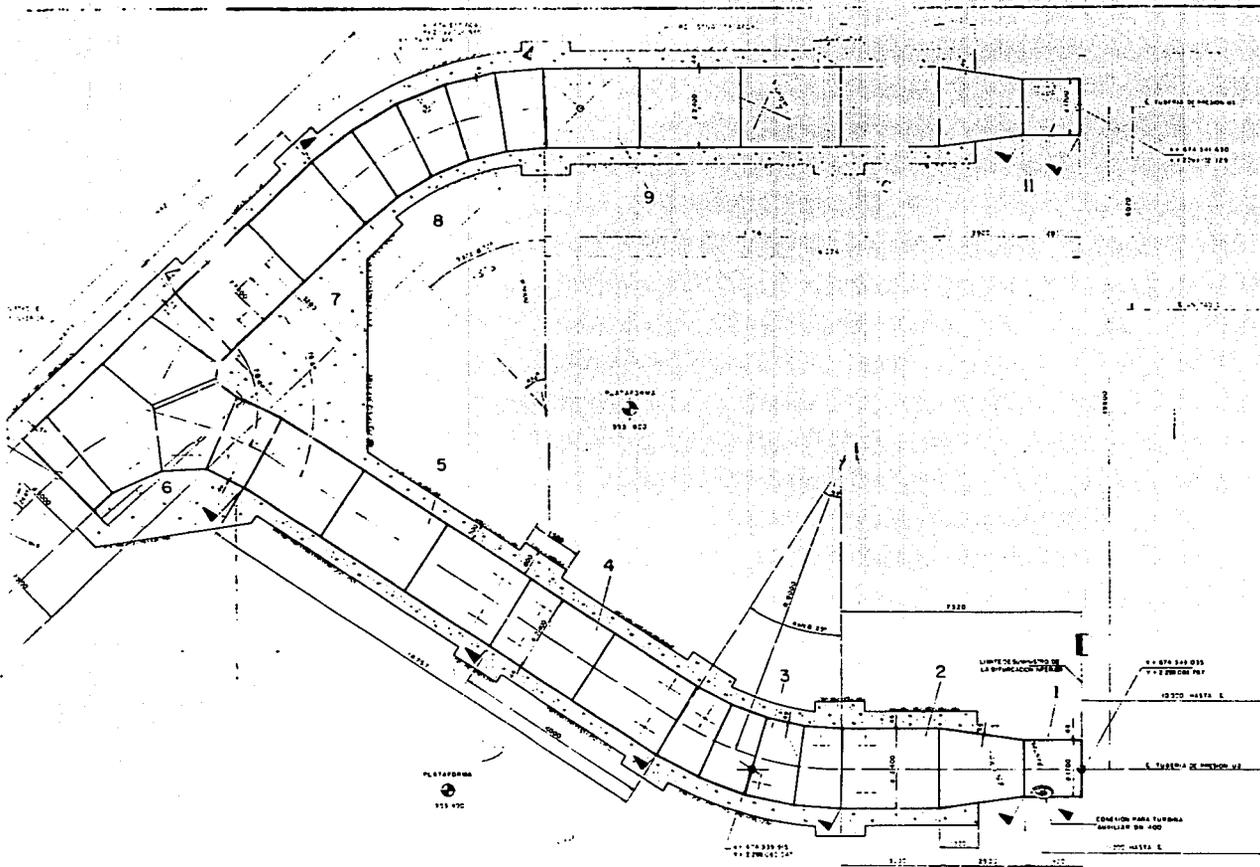
<b>U N A M</b>	
FACULTAD DE INGENIERIA	
TESIS PROFESIONAL	
MONTAJE DE LA TUBERIA A PRESION DEL P.H. AGUA PRIETA EN GUADALAJARA, JAL.	
INGENIERIA CIVIL	
REALIZO JOSE LUIS DEL POZZO MAGAÑA	
PLANO PLANTA Y ELEVACION TUBEL 5	CLAVE II-10

**SIMBOLOGIA**

V ...  
 ...  
 ...

**NOTAS**

...  
 ...  
 ...

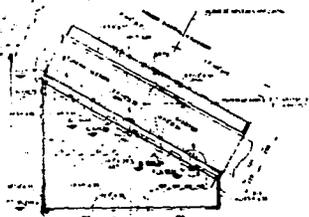


...  
 ...

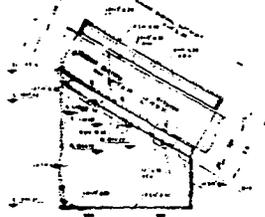
...  
 ...

...  
 ...

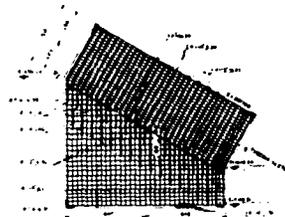
<b>U N A M</b>	
FACULTAD DE INGENIERIA	
TESIS PROFESIONAL	
MONTAJE DE LA TUBERIA A PRESION DEL P.M. AGUA PRIETA EN GUADALAJARA, JAL.	
INGENIERIA CIVIL	
AUTOR: JOSE LUIS DEL POZZO MAGAÑA	
PLANO: ESTUDIOS DE PRELIMINAR	CLAVE: 28-111



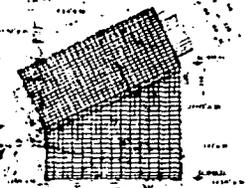
Corte 23



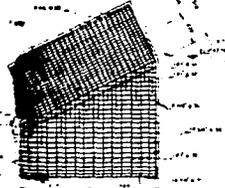
Corte 24



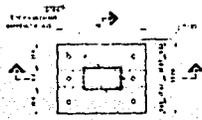
Corte 25



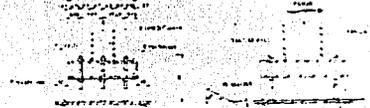
Corte 26



Corte 27



PLANTA



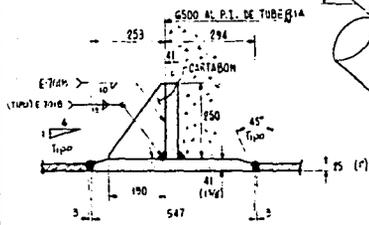
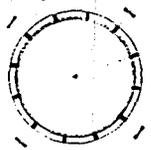
Corte 28

Corte 29

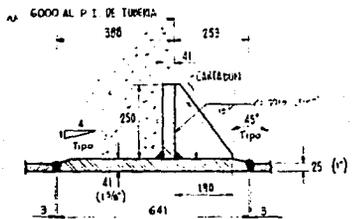
NOTA:  
 1. Sección en sentido longitudinal del edificio.  
 2. Sección en sentido transversal del edificio.  
 3. Sección en sentido diagonal del edificio.

<b>U N A M</b>	
FACULTAD DE INGENIERIA	
TESIS PROFESIONAL	
MATERIA DE LA TESIS	
NOMBRE DEL PROFESOR	
INGENIERIA CIVIL	
NOMBRE DEL ALUMNO	
INSTRUMENTOS EMPLEADOS	
FOLIO 10-1	

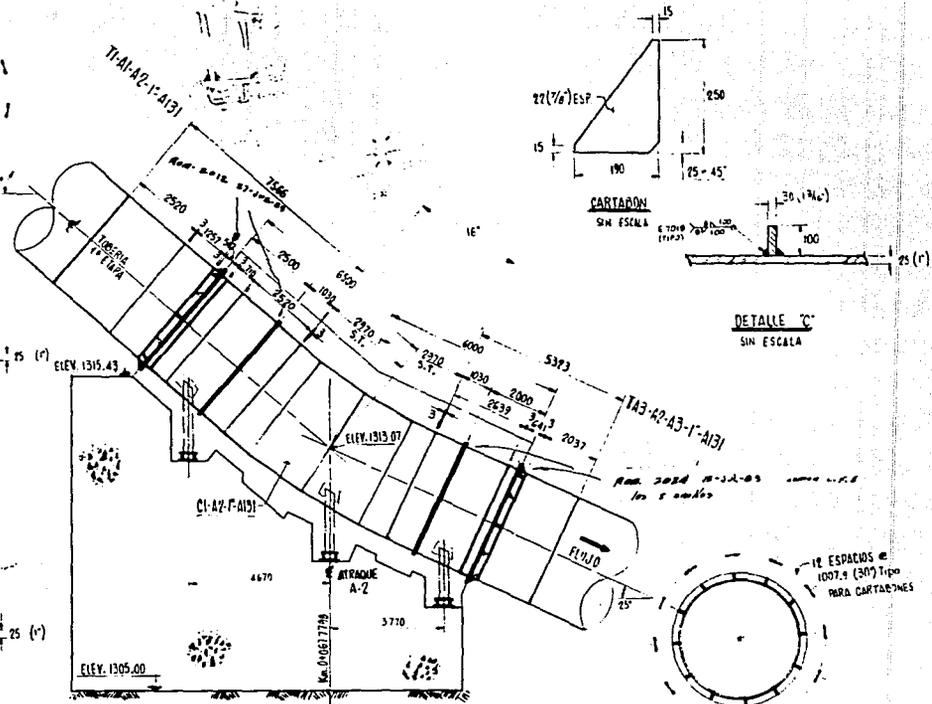
18 ESPACIOS @ 1007.9 (30") Tipo PARA CARTABONES



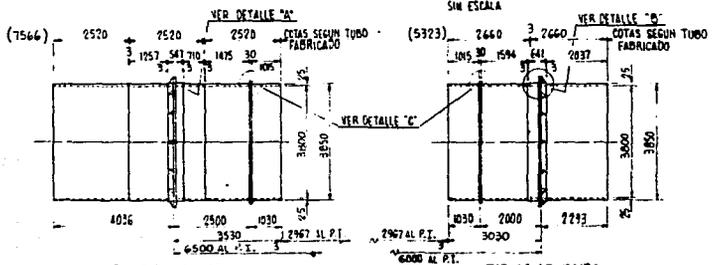
DETALLE "A"  
SIN ESCALA



DETALLE "B"  
SIN ESCALA

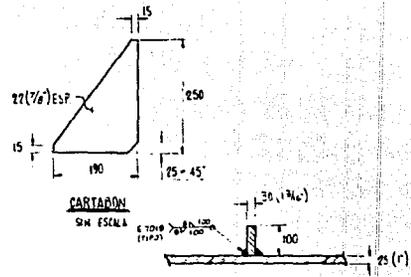


PERFIL  
SIN ESCALA



TI-A1-A2-1'-A131  
SIN ESCALA

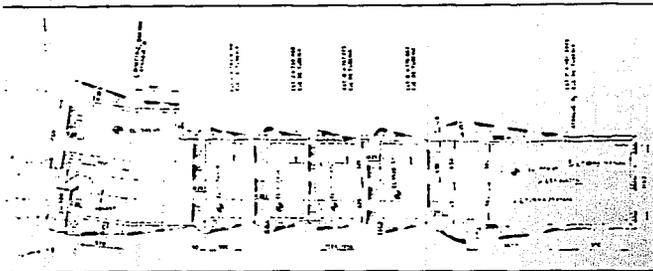
TI-42-A3-1'-A131  
SIN ESCALA



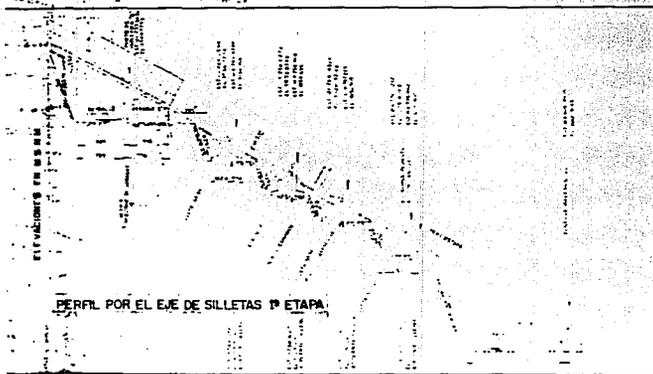
DETALLE "C"  
SIN ESCALA

ACOTACIONES EN MILIMETROS  
ELEVACIONES Y CADENAMIENTOS EN METROS

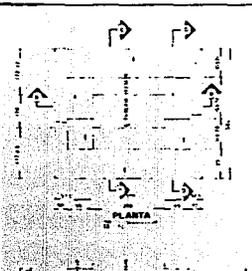
<b>U N A M</b>	
FACULTAD DE INGENIERIA	
TESIS PROFESIONAL	
MONTAJE DE LA TUBERIA A PRESION DEL P.M. AGUA	
PRETA EN GUADALAJARA, JAL.	
INGENIERIA CIVIL	
REALIZO	JOSE LUIS DEL POZZO MAGAÑA
PLANO	APOYOS Y ESTRUCTURAS
DE	REPUERBOS EN ATRAQUE
CLAVE	E-10-2



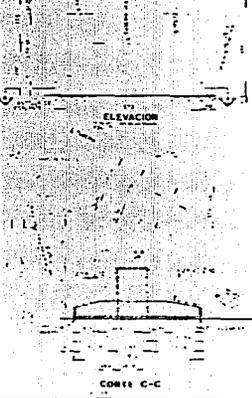
PLANTA DE EXCAVACION 1ª ETAPA



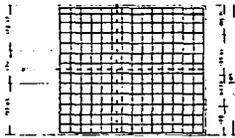
PERFIL POR EL EJE DE SILLETAS 1ª ETAPA



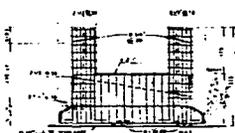
PLANTA



ELEVACION



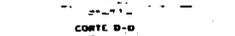
CORTE A-A



CORTE B-B



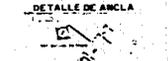
CORTE C-C



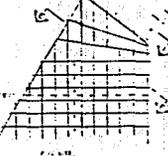
CORTE D-D



VISTA G.L.



DETALLE DE ANCLA



DETALLE I



GRUPO DE LOCALIZACION

NOTAS GENERALES  
 - FUNDACIONES EN CONCRETO ARMADO Y  
 CIMENTACIONES EN HORMIGON  
 - PLANOS DE OBRAS GENERALES Y PLANOS DE DETALLE  
 CONSULTAR EN EL



CORTE E-E

<b>U N A M</b>	
FACULTAD DE INGENIERIA	
TESIS PROFESIONAL	
NOMBRE DE LA OBRA	
A PROPOSITO DEL PROYECTO	
INGENIERIA CIVIL	
TITULO DE LA TESIS PROFESIONAL	
APROBADO Y CREDITADO EN	
FECHA	