

La tubería de carga está longitudinalmente alineada a lo largo de la pendiente de corte para la construcción de la casa de bombas y la superficie del suelo original. Entre la casa de bombas IP-2 (59,250 m desde el eje central de la bomba), las tuberías se instalarán a lo largo de la pendiente siendo empotrada o encajada en hormigón. Entre el IP-2 y el tanque de carga, las tuberías se instalarán sobre el suelo a lo largo de una zanja excavada sobre una cimentación de roca, y estará anclada con bloques de anclaje de hormigón en los puntos de curva horizontal y vertical y apoyadas por bloques de asiento con anillos a intervalos de 14 m. Las juntas de expansión provistas se colocarán en cada tramo entre dos bloques de anclaje para absorber la expansión y/o contracción de las tuberías.

El análisis del golpe del ariete se realizó para el trazado longitudinal y el diámetro de la tubería de carga seleccionado. Como se indica en la Sección 4.6.2, se requiere una chimenea de equilibrio en un punto de presión negativa máxima en la tubería de carga.

Se han previsto dispositivos de medición de flujo en la tubería de carga para medir el caudal de bombeo y para la formulación de un plan de tarifas y operaciones a futuro. Se consideran tres tipos de instrumentos tales como (i) medidor ultrasónico de flujo, (ii) medidor electromagnético de flujo y (iii) medidor de flujo a presión diferencial (Tubo venturi).

Se seleccionó el medidor ultrasónico tomando en consideración sus ventajas, (i) bajo costo inicial de inversión, (ii) ahorro de costo anual de energía, y (iii) libre de mantenimiento.

La protección de taludes se diseñó con hormigón lanzado con un espesor de 10 y 5 cm para las excavaciones en roca/roca meteorizada y el revestimiento con grama para los taludes de las excavaciones en suelo.

Los dibujos de diseño de la tubería de carga Severino se muestran en los dibujos N° 2-PE-001 al 2-PE-008.

4.3.3 Tanque de carga Severino

De acuerdo a los números de las líneas de la tubería de carga, el tanque de carga está dividido en dos compartimientos separados por un muro de partición en consideración a la operación y mantenimiento del sistema de trasvases consistiendo de las bombas, la tubería de carga, el canal abierto y el túnel.

La función del tanque de carga Severino es de regular la vena de agua descargada por la tubería de carga e interconectar el flujo de una manera suave al canal abierto. Otras de las funciones es de cerrar el canal abierto en el evento de ser necesario para evacuar la tubería de carga para inspección y mantenimiento, incluyendo la prevención de remansos desde el canal abierto cuando las válvulas de descarga no trabajen debido a ciertas problemas.

En consideración a estas funciones, los siguientes dos tipos de tanques de carga se consideraron y se realizó un estudio comparativo:

i) Tanque de carga con compuerta de cierre

Este tipo de tanque de carga con compuerta de cierre en su extremo aguas abajo y la compuerta de cierre se operará en el evento de que los motores de las bombas se interrumpan y las válvulas de descarga no se cierren.

ii) Tanque de carga con vertedero de rebose

Este tipo consiste de un estanque y un vertedero de rebose en el extremo aguas abajo. El vertedero está diseñado para tener la suficiente altura de manera de no ocurran remansos desde el canal abierto.

De los dos tipos arriba mencionados, el tipo de tanque de carga con compuerta de cierre no es recomendado ya que la operación automática de las compuertas es difícil de realizar. La operación manual de la compuerta de cierre no se recomienda por que se permitiría remansos desde el canal abierto en el evento de que los motores se interrumpan de súbito y no se cierren las válvulas de descarga.

El tipo de tanque de carga con vertedero esta provisto con un tanque dissipador, vertedero de excedentes y un canal de transición hacia el canal abierto. La cota de la cresta del vertedero se ha fijado de manera que tenga suficiente altura como para que no ingrese el agua de remanso desde el canal abierto. La operación y mantenimiento del tanque de carga con vertedero de excedentes será más fácil si se lo compara con el otro tipo, ya que su simple estructura no requiere de equipamiento eléctrico ni mecánico. De acuerdo a esto se determinó adoptar el tanque de carga con vertedero de excedentes.

El cuenco dissipador tiene la función de disipar la energía del flujo de salida de la tubería de carga. Es difícil calcular el fenómeno en el cuenco de una manera precisa como un cálculo hidráulico. Por lo tanto, se toma como referencia para el diseño un modelo hidráulico existente para una instalación de salida de una presa.

La energía residual el extremo final de la tubería de carga se evaluó mediante los números de Froude y la carga de velocidad se estimó como se indica abajo.

$$F = V_0 / \sqrt{g \cdot D}$$

$$H_v = v_0^2 / 2g$$

Donde, F : Número Froude
H_v : Carga de velocidad (m)
g : Aceleración de la gravedad (=9,8m/seg²)
D : Diámetro de la tubería de carga en la salida (=2,4m)

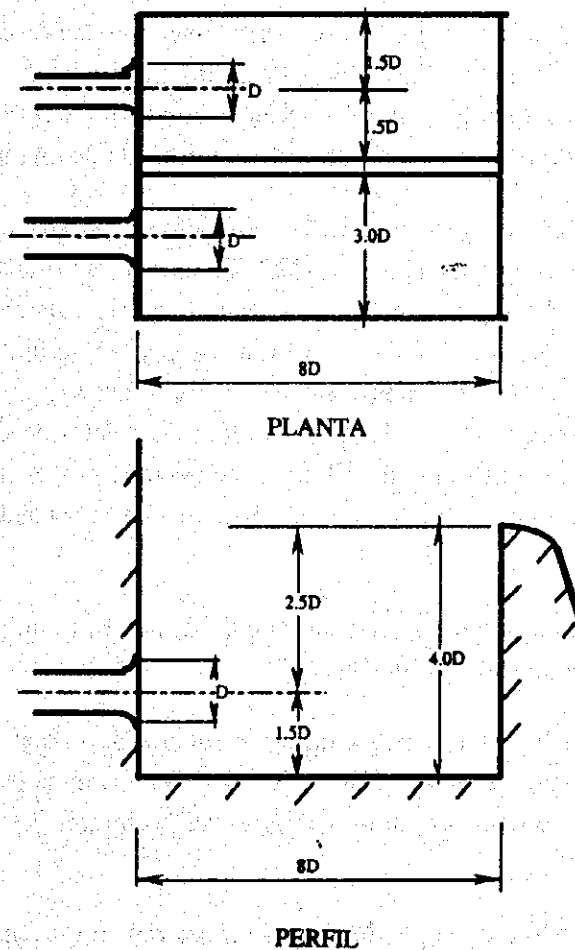
v_0 : Velocidad en la salida ($= 4Q/\pi D^2$)
 Q : Máxima descarga de bombeo ($= 9,6 \text{ m}^3/\text{seg}$)

Entonces, $F = 0,44$ y $H_v = 0,23 \text{ m}$.

El número Froude es 0,44, menor que 1 lo cual significa que la condición de flujo es subcrítica y la carga de velocidad tiene un valor pequeño. Considerando el número Froude y la carga de velocidad calculada, en el cuenco disipador habrá muy poca energía residual.

El ensayo del modelo hidráulico existente evaluado a un valor de $Q/D^{2,5}$, el cual es calculado en 1,1 para un caudal máximo de bombeo. En el caso de que el valor $Q/D^{2,5}$ es menor que 6,5, los resultados del ensayo del modelo indicaron que no es necesario considerar ninguna medida especial ni estructura para disipar la energía del agua.

Con las consideraciones debidas de las condiciones de salida y los resultados del ensayo del modelo, las siguientes dimensiones se recomendaron y se adoptaron para el tanque disipador.



Se proveen dos juegos de tubería de drenaje y válvulas para cada tanque disipador para su evacuación durante la limpieza y mantenimiento. El agua será drenada por tuberías en la canaleta de drenaje provista en la línea de la tubería de carga.

Se instalan dos indicadores de nivel en cada tanque disipador para complementar a los medidores de flujo adheridos a la líneas de la tubería de carga descritos en la subsección 4.3.2.

La función del vertedero de excedentes es de cerrar el canal abierto en caso de ser necesario evacuar las tuberías de carga para inspección y mantenimiento, y prevenir el ingreso de remansos desde el canal abierto cuando las válvulas de descarga no trabajen debido a ciertos problemas. El agua ya disipada fluye hacia el canal de transición pasando sobre le vertedero.

El canal de transición conduce el agua de una manera suave hacia el canal abierto. Las dimensiones están determinadas para cumplir con esta función.

El tanque de carga es principalmente una estructura de hormigón reforzado. El tanque de carga está ubicado en la cima de un cerro y se realizará la excavación y relleno necesario para su construcción. Cerca de 10 m de profundidad de excavación son requeridos como máximo y una gran presión del nivel freático y subpresión actuarán en la estructura sin sistema de drenaje ya que el agua no será drenada de una manera natural.

Con las consideraciones debidas para las condiciones de arriba, se requiere de un sistema de drenaje subterráneo para aguas lluvias. El sistema de drenaje subterráneo está diseñado debajo de todo el tanque de carga. El sistema consiste de tres líneas de drenaje subterráneo hecho de tuberías de hormigón perforadas provistas de filtros de arena y grava alrededor de las mismas y drenaje transversal hecho de arena y grava que conectan el drenaje subterráneo transversalmente. También se dota de relleno de drenaje libre con un espesor de 40 cm detrás de muro lateral. El agua recolectada por el sistema será drenada mediante una tubería de hormigón de 300 mm de diámetro en la canaleta de drenaje lateral de la tubería de carga.

El análisis estructural se hace asumiendo que la estructura es un pórtico rígido como se describe en el "Informe de Cálculos de Diseño".

La porción de entrada que conecta desde la tubería de carga está compuesta por terraplen y un muro de gravedad en hormigón. El talud del terraplén es de 1:1,5 protegido con rocas, por donde las tuberías de carga cubiertas de hormigón pasan a través hacia el cuenco disipador.

Los dibujos de diseño del tanque de carga se muestran en los Dibujos N°. 2-HT-001 al 2-HT-007.

4.3.4 Canal abierto Severino

(1) Generalidades

El trasvase de La Esperanza-Poza Honda consiste de la estación de bombeo Severino, tubería de carga Severino, tanque de carga, canal abierto Severino y el túnel de derivación La Esperanza-Poza Honda. Las dimensiones óptimas del canal abierto y del túnel así como sus rasantes están relacionados entre sí al costo de energía del bombeo. Es por lo tanto requerido que se realice un estudio comparativo tomando en consideración las estructuras del trasvase como un sistema integrado para entonces definir las características técnicas de cada una de ellas.

Los niveles de bombeo de la estación de bombeo y cota de la solera del la salida del túnel de derivación (Salida Los Cuyuyes) se fijaron en base al estudio de operación integrada de los embalses y al nivel previsto de los sedimentos en el embalse de La Esperanza.

La ruta del canal abierto y del túnel de derivación propuestos en el estudio de factibilidad es básicamente aplicado para el estudio comparativo. Se aplica una sección trapezoidal con revestimiento de hormigón para el canal abierto y también se aplica una sección en forma de herradura estándar al túnel de derivación en consideración a las condiciones geológicas e hidráulicas, tal como se propuso en el estudio de factibilidad:

Las condiciones básicas para el estudio comparativo se muestran a continuación:

Nivel del agua en la estación de bombeo Severino

Nivel máximo del agua : cota 66,0 m

Nivel mínimo de operación (NMO) : cota 47,0 m

Nivel de agua de diseño (promedio) : cota 58,5 m

Caudal máximo de trasvase : 16 m³/seg.

Canal abierto : Sección trapezoidal, taludes 1:1,2

Túnel de derivación : Sección en forma de herradura estándar
2R.

La siguiente configuración del canal abierto y del túnel se seleccionaron para el estudio de alternativas tomando en cuenta las condiciones topográficas así como las condiciones básicas.

Configuración	Canal Abierto			Túnel de Derivación		
	Pendiente	Ancho de la Base (m)	Profundidad (m)	Configuración	Pendiente	Sección 2R (m)
OP-1	1/2.000	1,6	2,3	TN-1	1/1.000	3,3
OP-2	1/3.000	1,6	2,5	TN-2	1/1.500	3,5
OP-3	1/4.000	1,9	2,6	TN-3	1/2.000	3,7

Para distribuir e identificar las configuraciones del canal abierto y del túnel de derivación, las siguientes nueve (9) alternativas se establecieron como se muestra abajo.

Alternativa	Configuración Combinada
1	OP-1+TN-1
2	OP-1+TN-2
3	OP-1+TN-3
4	OP-2+TN-1
5	OP-2+TN-2
6	OP-2+TN-3
7	OP-3+TN-1
8	OP-3+TN-2
9	OP-3+TN-3

El costo de construcción de las respectivas alternativas están estimadas a nivel de diseño básico para fines del estudio comparativo, basándose en cantidades de construcción estimativas y el precio unitario estimado en el estudio de factibilidad.

Costo de Construcción

Unidad: Miles de US\$

Alternativa	Canal Abierto	Túnel de Derivación	Total
1	8.164	23.068	31.232
2	8.164	25.949	34.113
3	8.164	29.011	37.175
4	9.027	23.068	32.095
5	9.027	25.949	34.976
6	9.027	29.011	38.038
7	9.916	23.068	32.984
8	9.916	25.949	35.865
9	9.916	29.011	38.927

Los costos de arriba son específicamente para el equipo de bombeo, el canal abierto y el túnel de derivación. El costo de construcción de las obras civiles para la estación de bombeo, la tubería de carga y el tanque de carga podrían considerarse común y no son necesarios para el estudio comparativo.

El costo anual de electricidad se estimó en base a la regulación vigente del Ecuador de la tarifa básica de electricidad.

La configuración óptima se seleccionará de entre las 9 alternativas en base a un criterio del más bajo costo. El horizonte de evaluación se determinó en 30 años y todos los costes son convertidos al valor actual con un descuento del 10% como se muestra en la Figura 4.3.2 y se resume abajo.

Costo Anual Equivalente de Construcción

Unidad: Miles de US\$

Alternativa	Costo Anual Equivalente para la Construcción	Costo Anual de Energía	Total
1	3.750	5.634	8.784
2	3.441	5.335	8.775
3	3.749	5.185	8.934
4	3.237	5.546	8.783
5	3.528	5.246	8.774
6	3.836	5.097	8.933
7	3.327	5.502	8.829
8	3.617	5.202	8.820
9	3.926	5.053	8.979

La alternativa 5, canal abierto con pendiente de 1/3.000 (OP-2) y pendiente del túnel 1/1.500 (TN-2), es la de menor costo. Por lo tanto, se concluye que la configuración del canal abierto y del túnel de derivación debe ser acorde con la alternativa 5.

En consideración a la configuración básica descrita arriba, el reconocimiento del sitio se realizó para un mejor entendimiento de las condiciones del sitio en detalle a lo largo de la ruta del canal abierto, refiriéndose a las cartas de topografía en escala 1:200 recientemente preparadas.

Las principales características del canal abierto Severino finalmente se determinaron como se indica a continuación.

Distancia total	:	6.394,929 m
Canal abierto	:	5.648,409 m.
Sifón	:	746,250 m.

Nivel de la solera en

Punto inicial : Cota 110,756 m (Tanque de Carga Severino)

Punto final : Cota 107,363 m (Alcantarilla de entrada en Caña Dulce)

Descarga de diseño : 16,0 m³/s

Estructuras afines

Sifón : 5 unidades

Estructuras de cruce de drenes : 28 unidades

Aliviadero lateral : 1 unidad

Puente peatonal : 11 unidades

La planta general y el perfil del canal abierto se muestran en los Dibujos N° 2-OC-001 y 002. Los detalles de cada estructura del canal abierto se describen a continuación.

(2) Canal abierto

El canal abierto de Severino se inicia desde el tanque de carga Severino y se conecta a un alcantarilla la cual será construida en la entrada en Caña Dulce (Alcantarilla de entrada en Caña Dulce).

La alineación del canal abierto se revisó en base al reconocimiento del sitio y ésta fue ligeramente alterada de su diseño básico. La alineación final se determinó considerando los principios básicos a continuación.

- Mantener la ruta del canal tan recta como sea posible a fin de minimizar la longitud del mismo.
- Evitar cortes profundos y terraplenes demasiado alto.
- Mantener 80 m radio horizontal de curvas, desde el punto de vista de un flujo uniforme del agua, y
- Mantener un mínimo de 10 m de parte recta a la entrada y salida del sifón.

En la ruta del canal, se requieren 5 sifones invertidos y 28 estructuras para cruce de esteros y ríos existentes.

La alineación detallada del canal abierto se muestra en los Dibujos N° 2-OC-003 al 007 y la longitud total del canal abierto es de 5.648,409 m.

La sección es trapezoidal con taludes de 1:1,2, la cual es la de mayor eficiencia hidráulica y la más económica teniendo un volumen de flujo máximo con un perímetro mojado mínimo. El espesor de revestimiento con hormigón es de 15 cm.

El caudal máximo normal es de 16 m³/seg, y la velocidad es de 1,4 m/s para este caudal. La altura del canal se determinó en 2,8 m consistiendo de 2,5 m de tirante del agua y un bordo libre de 0,3 m.

Se lo dotará con una base de arena y grava de 100 mm de espesor debajo de la solera del canal a lo largo de toda la ruta. Además, una tubería perforada se provee bajo el revestimiento de hormigón para coleccionar y drenar el agua proveniente de filtraciones para evitar la subpresión contra el revestimiento de hormigón debido a la presión del agua freática.

Un caudal de emergencia causado por una mala operación inesperada de la estación de bombeo Severino se ha calculado en 20,8 m³/seg. En este caso, es necesario una sección de mayores dimensiones del canal abierto entre el tanque de carga y la entrada de la transición abierta del sifón N° 1, la cual está provista con un aliviadero lateral. Para estos requerimientos la altura del canal se ha estimado en 3,0 m. (Ver Dibujo N° 2-OC-008).

Su utilizará el revestimiento de grama para los taludes de los terraplenes y en las pendientes de los cortes de las excavaciones en tierra y un revestimiento de hormigón lanzado para las superficies de roca meteorizada y rocas.

Las secciones típicas del canal abierto se muestran en los Dibujos N° 2-OC-008. La descripción del canal abierto es la siguiente:

Caudal de diseño	:	16,0 m ³ /s
Sección Transversal		
Tipo	:	Trapezoidal, revestimiento de hormigón
Ancho de la solera	:	1,6 m.
Taludes	:	1:1,2
Altura	:	2,8 (incluyendo el borde libre) 3,0m (P.I- Est. 1+86,500 m)
Longitud	:	5.648,409 m.
Gradiente del fondo	:	1:3.000
Nivel del agua en punto inicial	:	Cota 113,256m.

(3) Estructura a fines

i) Estructura del sifón

Como se indicó anteriormente, existen muchos ríos y esteros en la ruta del canal abierto. Para el cruce de estos ríos y esteros, los cuales tienen una sección

relativamente ancha e inmensa para la descarga de los caudales de las avenidas se aplica la estructura del sifón. Se han identificado cinco (5) sifones en toda la ruta del canal abierto Severino.

Se han seleccionado dos tipos de barriles o secciones de los sifones dependiendo de su profundidad, uno es de tipo rectangular y el otro es de tipo circular. El tipo circular se aplica a los sifones con profundidades mayores a los 20 m.

La velocidad de flujo del sifón está diseñada en 2,0 m/seg., a fin de lavar los sedimentos en el barril del sifón y para causar menos daño a la superficie de hormigón del sifón. El espesor del barril del sifón está diseñado en 50 cm para soportar la presión del agua y prevenir el levantamiento por subpresión debido al nivel freático o a filtraciones.

Los sifones están protegidos contra la erosión en los cauces causada por el agua, mediante colchones de gabiones los cuales están colocados hasta la superficie original del suelo.

Para el mantenimiento de la solera del sifón, se ha provisto de una estructura de expulsión en los sifones N°. 2, 3 y 5 los cuales son de una longitud considerable (Dibujo N°. 2-OC-066).

Consecuentemente, los sifones se han diseñado como a continuación

	Distancia (m) (Incluyendo transición abierta)	Profundidad (m)	Sección
N°.1	72,000	9,694	Rectangular
N°.2	232,768	37,534	Rectangular y Circular
N°.3	326,130	48,542	Rectangular y Circular
N°.4	76,285	6,491	Rectangular
N°.5	174,377	18,465	Rectangular

ii) Estructuras de cruce de drenes

Una estructura de cruce de drenes es necesaria para drenar la escorrentía debido a tormentas provenientes de la ladera de las montañas por debajo el canal abierto y así para evitar que la escorrentía llegue al canal abierto.

Los caudales de diseño picos para las estructuras de cruce de drenes se determinó en base a la formula Racional con una intensidad de lluvia de 211 mm/hora correspondiente a una lluvia con período de retorno de 25 años. Se aplicó un coeficiente de escorrentía de 0,5 en consideración de la vegetación y topografía en y alrededor del sitio de la estructura.

Se diseñaron dos tipos de estructuras de cruce de drenes, una es del tipo de tubería de hormigón y el otro es tipo de alcantarilla de cajón. La sección transversal de la estructura de cruce está diseñada para tener una capacidad que sea suficiente para descargar dos veces los caudales de diseño pico, debido a que tal estructura es apta a que sea taponada con basura, palizadas y similares. Las dimensiones de cada cruce de drenes se seleccionó por la capacidad requerida de descarga como se indica a continuación.

Tipo		Caudal (m ³ /seg)
Tubería de hormigón	ø 800 mm	~ 0,5
	ø 1.000 mm	0,5 ~ 1,0
Alcantarilla de cajón	1,2 m x 1,2 m	1,0 ~ 2,0
	1,5 m x 1,5 m	2,0 ~ 4,0
	2,0 m x 2,0 m	4,0 ~ 8,0

Los cálculos de diseño hidráulico y estructural de los cruces se muestran en el "Informe de Cálculos de Diseño. Diseños estándar de las estructuras de cruce de drenes se muestran en los Dibujos N°. 2-OC-067 al 069.

iii) Aliviadero lateral del canal

Cuando el sistema de bombeo de la estación de bombeo Severino esté en plena operación a HWL, el caudal vertido en el canal abierto será de 20,8 m³/s. Entonces, el caudal de diseño del aliviadero lateral del canal es calculado en 4,8 m³/s., esto es el exceso de caudal sobre el caudal de diseño (20,8 - 16,0 = 4,8)

El diseño del aliviadero lateral del canal se muestra en los Dibujos N°. 2-OC-056 al 059

iv) Puente pedestre (de peatones)

El puente de peatones solo es para que las personas y animales pasen, no se permitirá el cruce de vehículos sobre tales puentes. Once puentes peatonales han sido identificados a lo largo de la ruta del canal abierto.

El puente peatonal ha sido diseñado de una sola luz de hormigón reforzado. El diseño del puente de peatonal se muestra en el Dibujo N°. 2-OC-070.

4.3.5 Camino de Inspección Severino ~ Caña Dulce

El camino de inspección va a lo largo de las laderas de las montañas y en las bermas del canal abierto en los sitios de cruce con drenes. El camino tiene la función de inspeccionar la condición del flujo del trasvase tal como el nivel del agua y caudal y para el

mantenimiento y reparación del canal y sus estructuras. También se realizará un patrullaje diario o semanal a lo largo del camino de inspección.

La ruta está típicamente alineada en paralelo con la ruta del canal abierto. Y su pendiente longitudinal en una porción típica es igual a la del canal abierto. El ancho de la vía se ha determinado en 3,0 m y el ancho del espaldón es de 0,5 m.

La superficie es de pavimento con 15 cm de espesor de piedra triturada gradada. Con fines de drenaje, la rodadura debe ser inclinada hacia el lado opuesto del canal abierto con una pendiente del 4%.

Se proveerá una canaleta lateral de drenaje en los lugares donde el camino sea construido por debajo del nivel original del suelo a fin de drenar las aguas de las excavaciones y también de la superficie del camino. Los criterios para el diseño geométrico del camino de inspección son los siguientes:

Velocidad de diseño para vehículos	:	40 km/hr
Ancho del camino	:	3,0 m.
Espaldón	:	0,5 m.
Radio mínimo de las curvas	:	30 m.
Pendiente longitudinal máxima	:	10 %
Pendiente transversal	:	4,0 %

Por otra parte, en los puntos de cruce de los ríos en los que el canal abierto cruza el río mediante un sifón, no se ha considerado ningún tipo de estructura de cruce tal como puente/terraplen. Sin embargo, hay tres (3) puntos de conexión entre el camino de inspección y el camino de acceso Severino para evitar separar el camino de inspección en los puntos de cruce. El camino de acceso se utilizará para cruzar las partes de los puntos de cruce. Los puntos de conexión se muestran en los Dibujos N° 20C-001 y 002.

La sección típica del camino de inspección se muestra en el Dibujo N° 2-OC-003.

4.3.6 Entrada en Caña Dulce

El túnel de derivación se conecta con el canal abierto Severino en la entrada en Caña Dulce para descargar el agua bombeada de 16m³/seg como máximo.

La cota de la solera de la entrada del túnel es la 107,3m, la cual es más bajo que el nivel del estero existente (Cota 115,0 m) que cruza la ruta del canal justo antes de la entrada. Por lo tanto, se ha proporcionado una alcantarilla de entrada entre el canal abierto y el túnel de derivación a fin de no interrumpir el flujo del estero existente. La alcantarilla de entrada es una estructura de hormigón reforzado de 78 m de longitud teniendo dimensiones de 3,5 m de ancho y 3,5 m de alto y su pendiente es de 1:1.500.

La alcantarilla de entrada se colocará por debajo del cauce del río y se rellenará hasta el nivel de la superficie del lecho del río. La superficie de relleno se protegerá con gabiones para prevenir socavación.

El agua de remanso del embalse Poza Honda en el nivel HWL 106,5 no llega a la entrada porque el nivel de la solera de entrada está en la cota 107,3 m y en los momentos de niveles de crecida FWL de 110,30 su remanso llega a la entrada del canal abierto. En este caso, el suministro de agua al embalse de Poza Honda mediante bombeo será suspendido por completo.

4.3.7 Túnel de derivación La Esperanza - Poza Honda

(1) Generalidades

En la etapa del Estudio de Factibilidad y la etapa de Diseño Básico, la ruta del túnel de derivación se seleccionó de manera que tenga la menor longitud posible entre la entrada y salida y tomando en consideración la topografía a lo largo del túnel así como la geología. Se diseñaron dos curvas en la ruta para obtener suficiente cobertura desde la superficie del terreno.

El túnel de derivación es un túnel no presurizado de 11,4 km de longitud con un diámetro de 3,5 m en forma de herradura estándar y su pendiente es de 1:1.500. La velocidad media del flujo en el túnel es de 1,81 m/seg con un caudal máximo (16,0 m³/seg).

Las condiciones geológicas del lecho rocoso alrededor del túnel de derivación son casi las mismas que el túnel de derivación Daule-Peripa-La Esperanza. Así que, el túnel de derivación La Esperanza-Poza Honda será construido utilizando el mismo método de construcción que para el túnel Daule-Peripa-La Esperanza. Las secciones típicas del túnel se determinaron de acuerdo a los resultados del análisis estructural realizado por FEM.

Se construirán dos ventanas de acceso, una en La Seca y la otra en Los Cuyuyes para facilitar y agilizar los trabajos de construcción del túnel.

El diseño del túnel de derivación La Esperanza-Poza Honda se muestra en los Dibujos N° 2-ET-001 y 2-ET-004.

(2) Diseño hidráulico

El nivel del agua en la parte de conexión con el canal abierto se da en la cota 110,22m mediante cálculo de flujo no uniforme en el túnel en condiciones de que el nivel del agua en la salida del túnel está en la cota 102,5 m (nivel óptimo del agua).

(3) Diseño Estructural

El análisis estructural del túnel se realizó para las dos siguientes partes. La parte principal del túnel es analizada mediante el Método de Elementos Finitos sobre la teoría de viscoelasticidad y las partes de entrada y salida del túnel se realizaron mediante el análisis de pórtico.

(A) Análisis estructural del túnel

El análisis estructural del túnel se realizó utilizando el método FEM de la misma manera que para el túnel de derivación Daule-Peripa~La Esperanza. Debido a que el diámetro del túnel de derivación La Esperanza-Poza Honda es de 3,50 m el cual es menor con solo 0,20 m que el túnel de Daule-Peripa~La Esperanza (ver Figura 4.1.3), el análisis estructural se hizo aplicando las mismas mallas de datos como se muestra en la Figura 4.1.5.

El procedimiento de análisis es completamente el mismo que para el túnel de derivación Daule-Peripa~La Esperanza.

(a) Condiciones de análisis

Basándose en las condiciones topográficas y geológicas, el túnel fue clasificado en los 4 casos de análisis siguientes.

	Sobrecarga (m)	Longitud del Túnel (m)
Caso A-1	60	400 (4%)
Caso A-2	140	1.300 (11%)
Caso A-3	250	3.500 (31%)
Caso A-4	320	6.200 (54%)

(b) Análisis estructural

El análisis estructural del túnel se hizo mediante FEM aplicando las mismas mallas que el túnel de derivación Daule-Peripa~La Esperanza.

(c) Valores de diseño del la cimentación en roca

Los valores de diseño de la cimentación en roca de la ruta propuesta del túnel de derivación La Esperanza-Poza Honda se muestran en la Tabla 4.1.1. Son comunes con los del túnel de derivación Daule-Peripa~La Esperanza

Los valores de diseño del hormigón lanzado, pernos de roca y revestimiento de hormigón son los mismos que para el del túnel de derivación Daule-Peripa~La Esperanza como se describe en el numeral 4.2.2.

(d) Resultados del análisis

Los resultados del análisis estructural del túnel se describen a continuación. Los casos A-1, A-2 y A-3 son comunes con los del túnel de derivación Daule - Peripa - La Esperanza.

Caso A-4: Sobrecarga 320 m

- Revestimiento primario

Debido a que el esfuerzo resultante, el cual actúa sobre los 10 cm de hormigón lanzado excede la resistencia del hormigón lanzado, el espesor del hormigón lanzado se cambió a 15 cm y el análisis estructural se realizó con hormigón lanzado de 15 cm de espesor.

El incremento del esfuerzo de compresión y el esfuerzo de tensión, los cuales actúan en los pernos de roca se muestra en la Figura 4.1.10.

El esfuerzo resultante en el hormigón lanzado de 15 cm de espesor es del 97% y del 104% de las resistencias del hormigón lanzado a un intervalo de 2 meses y 3 meses después de la excavación del túnel, respectivamente (ver Tabla 4.1.3).

Por lo que, el revestimiento secundario debe hacerse dentro de 2,5 meses después de la excavación del túnel.

- Revestimiento secundario

El esfuerzo máximo de compresión, esfuerzo máximo de tensión y esfuerzo cortante máximo, los cuales actúan en el revestimiento del hormigón son menores que la resistencia del hormigón (ver Tabla 4.1.4).

El tipo de túnel a aplicarse para el túnel de derivación La Esperanza-Poza Honda se muestra en la Figura 4.1.13.

De los resultados del análisis FEM, la sección transversal típica del Tipo II y Tipo III son aplicadas a la parte principal del túnel de derivación. Sin embargo, las secciones transversales del Tipo I y del Tipo IV se añaden a las secciones transversales típicas para soportar condiciones geológicas imprevistas durante la construcción.

Por lo tanto, los siguientes cuatro tipos han sido diseñados para aplicarse al túnel de derivación.

	Tipo I	Tipo II	Tipo III	Tipo IV
Distancia Aplicada (m)	0	5.177	6.300	0
Espesor del hormigón lanzado (cm)	10	10	15	10
Pernos de roca	D25x5 N°. X 2 m (intervalos de 1,2m)	D25x8 N°. X 2 m (intervalos de 1,2m)	D25x8 N°. X 2 m (intervalos de 1,2m)	D25x8 N°. X 2 m (intervalos de 1,2m)
Revestimiento de hormigón (cm)	30	30	30	30
Refuerzos	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno
Soporte de acero H	Ninguno	Ninguno	Ninguno	H-125, a intervalos de 1,2m

Las secciones típicas del túnel se muestran en el Dibujo N°. 2-ET-004.

(B) Análisis estructural de las partes de entrada y salida del túnel.

Las condiciones de diseño a usarse para el análisis estructural de la entrada del túnel y la salida son las siguientes.

- Caso 1: Cargas de diseño

Peso muerto del revestimiento de hormigón + presión del lecho rocoso + presión del agua.

Caso 2: Durante la construcción

Peso muerto del revestimiento de hormigón + Presión del lecho rocoso + presión de inyecciones + presión del agua.

- Valores de diseño

Valores de diseño del lecho rocoso	Parte de entrada	Parte de Salida
Peso específico	2,0 tf/m ³	1,8 tf/m ³
Módulo de elasticidad	20.000 kgf/cm ²	10.000 kgf/cm ²
Cohesión	5,0 Kgf/cm ²	2,5 Kgf/cm ²
Angulo de fricción interna	40,0 grados	35,0 grados

Valores de diseño del hormigón

Peso específico	2,4 tf/m ³
Módulo de elasticidad	235.000 kgf/cm ²

Módulo de elasticidad de la varilla de refuerzo 2.100.000 kgf/cm²
Ultima resistencia a la tensión de la varilla de refuerzo 4.200 kgf/cm²

El análisis estructural de las partes de transición del túnel en la entrada y la salida se llevó a cabo de acuerdo con las condiciones de diseño arriba mencionadas. Las secciones transversales de las partes de entrada y salida del túnel se muestran en los Dibujos N° 2-ET-003 y 2-ET-006.

4.3.8 Salida Los Cuyuyes

Se ha observado una gran cantidad de sedimentos en el tramo superior del embalse de Poza Honda y el nivel actual de sedimentos aproximadamente alcanza la cota 98 m. Por lo que, para minimizar la influencia de la sedimentación, la ubicación de la salida fue trasladada del sitio en Pata de Pájaro, el cual fue propuesto en el estudio de factibilidad, a Los Cuyuyes, y el nivel de la solera en la salida se fijó en la cota 99,7 m tomando en cuenta algo de tolerancia y el nivel del agua óptimo propuesto en la cota 102,5 m.

La estructura de salida se cimentará sobre roca fresca, y las pendientes de corte serán protegidas con hormigón lanzado en la porción de rocas. El revestimiento de hormigón se hará hasta la cota 111,0 m para así proteger el talud de la erosión y asegurar la estabilidad del mismo.

Se ha determinado un camino de acceso para efectos de construcción y mantenimiento de la salida en la cota 111,0 m.

El diseño de la estructura de salida se muestra en los Dibujo N°. 2-ET-005 y 2-ET-006.

4.3.9 Ventana de acceso

Se han determinado dos ventanas de acceso para agilizar y facilitar los trabajos de construcción del túnel. Las ubicaciones de las ventanas de acceso se determinaron de acuerdo con el plan de construcción y tomando en cuenta las rutas de los caminos de acceso.

Ventana de acceso La Seca	7.502 m aguas abajo de la entrada del túnel
Ventana de acceso Los Cuyuyes	270 m aguas arriba de la salida del túnel.

La estructura de las ventanas de acceso mencionadas arriba es la misma como las mencionadas en la Sección 4.2.4.

La ventana de acceso La Seca se provee para facilitar y agilizar la construcción del túnel de 11,4 km de longitud a aproximadamente 7,5 km aguas abajo de la entrada del túnel. La entrada de la ventana de acceso estará en la cota 210 m y su longitud será de 519 m.

La ventana de acceso Los Cuyuyes es necesaria para construir el túnel desde el lado de la salida. La entrada del acceso estará en la cota 111,0 y su longitud será de 130 m.

Estas ventanas de acceso son a entera opción del contratista y el diseño detallado de estas ventanas de acceso las realizará el Contratista en base al método de construcción del túnel a ser entregado por el contratista.

El diseño de referencia de las ventanas de acceso se muestran en los Dibujos N°. 2-ET-007 y 2-ET-008.

4.4 Traspase Poza Honda - Mancha Grande

4.4.1 Entrada Poza Honda

(1) Generalidades

La entrada en Poza Honda consiste de una canal de entrada, un cajón de entrada, un túnel de entrada y una cámara de válvulas. El nivel mínimo de toma del embalse de Poza Honda debería ser lo suficientemente bajo como para permitir un traspase continuo de agua hacia Mancha Grande, pero deberá ser lo suficientemente alto para permitir un flujo por gravedad hacia la salida del túnel en la cota 89,0 m, para facilitar una ataguía durante la construcción de la entrada del túnel y para evitar un posible problema de sedimentación.

El nivel mínimo de toma ha sido determinado en la cota 94, m con la solera de la toma en la cota 91,4 m. De acuerdo a la curva de duración del nivel del agua de Poza Honda, el nivel del agua del embalse es menor a la cota 94 m sólo el 4 % del tiempo, lo cual es aceptable.

La cota de diseño de la solera de la entrada de 91,4 m es razonablemente más alta que la cota de la solera de la salida del túnel de 89 m, para permitir el traspase de agua por gravedad. El embalse de Poza Honda tiene una capacidad de 16 MCM entre la cota 94 y la cota 88,3 m (nivel mínimo) y de 10 MCM entre la cota 92 m y la cota 88,3 m (nivel mínimo). A fines de la estación seca desde Septiembre a Noviembre, el nivel del agua del embalse puede bajarse hasta la cota 92 m, asegurando así el suministro de 0,5 m³/seg. de agua a la planta de tratamiento Guarumo, así como el caudal de mantenimiento del río de 0,25 m³/s utilizando la capacidad del embalse de 10 MCM por aproximadamente 5 meses aún sin tomar en cuenta el ingreso natural de agua al embalse. Se sugiere por lo tanto, mantener el agua del embalse por debajo de la cota 92 m por cierto período durante el cual se deberá construir la entrada del túnel con pocos trabajos de ataguía.

La cota del lecho original del río en el frente de la entrada era de 77 m y el nivel de sedimentos después de 50 años se ha estimado en la cota 82 m, el cual es mucho menor que

el nivel de la solera de toma propuesto en la cota 91,4 m. La entrada del túnel no presenta ningún problema de sedimentación.

El canal de entrada de 4,0 m de ancho en el fondo y el cajón de entrada de 4,0 m x 2,5 m de tamaño se proveen para conducir en flujo estable al túnel de derivación.

El túnel de entrada conecta el cajón de entrada con la cámara de válvulas. La longitud del túnel es de 26,5 m y la sección del túnel es semi-circular con una altura de 2,5 m y un ancho de 4,0 m. Una parte del túnel de entrada será taponada con hormigón después de haber instalado las tuberías de acero. Se procederá con inyecciones de contacto para la parte taponada para evitar filtraciones.

La cámara de válvulas está diseñada como un pozo vertical o lumbrera y de forma ovalada teniendo las dimensiones de 18,0 m de longitud, 14,0 de ancho y 22,7 m de profundidad desde el nivel del techo en la cota 112,5. El tamaño de la cámara de válvulas se determinó tomando en cuenta los espacios requeridos para los pozos de las válvulas cónicas y las válvulas de mariposa. La forma ovalada de la cámara de válvulas se adoptó para soportar mejor contra la presión de las rocas y del agua que actúa alrededor de la cámara. Los pozos de las válvulas de 3,8m x 3,8m x 7,6m de tamaño, están diseñados debajo de la cámara de válvulas para disipar la energía del agua descargada por las válvulas cónicas.

La losa del piso se provee en la cota 95,5 y la cota 104,0 m. La losa del piso se fija en la cota 95,5 m tomando en consideración el nivel máximo de agua debido a alguna mala operación de las válvulas cónicas.

La edificación de la entrada de Poza Honda es una estructura de hormigón reforzado para dar cabida a la escalinata de acceso y los ventiladores de circulación de aire para las partes más bajas de la estructura de entrada. Ya que ésta área usualmente no será ocupada, las dotaciones y acabados arquitectónicos se mantendrán a un mínimo básico. Las instalaciones del edificio se compondrán de los sistemas de alumbrado eléctrico y ventilación.

Se instalarán dos tuberías de 900 mm de diámetro en la cota 90,8 m y estas tuberías se extienden para conducir el agua hacia los pozos de las válvulas. Las válvulas cónicas se instalan con fines de disipación de energía y control de flujo. Se instalarán dos válvulas de mariposa como válvulas de control de las válvulas principales.

(2) **Diseño hidráulico**

El máximo nivel de operación en el pozo de válvulas está en la cota 92,06 m para una descarga máxima de 4,0 m³/s. Este nivel de agua se obtiene del resultado de los cálculos de flujo uniforme del túnel.

(3) **Análisis estructural**

El análisis estructural de la estructura de entrada se llevó a cabo utilizando el programa de computación SAP 90. La estructura de entrada se analizó como una estructura de pórtico considerando las cargas muertas del hormigón y las cargas externas de presión del lecho rocoso, la presión del agua y la presión de las inyecciones de relleno.

Las condiciones de diseño utilizadas para el análisis estructural son las siguientes:

- **Cargas de diseño**

Caso 1: Después de la construcción

Peso muerto del revestimiento de hormigón + presión del lecho rocoso + presión del agua.

Caso 2: Durante la construcción

Peso muerto del revestimiento de hormigón + Presión del lecho rocoso + presión de inyecciones + presión del agua.

- **Valores de diseño**

Valores de diseño del lecho rocoso

Peso específico	1,8 tf/m ³
Módulo de elasticidad	10.000 kgf/cm ²
Cohesión	2,0 kgf/cm ²
Angulo de fricción interna	30,0 grados

Valores de diseño del hormigón

Peso específico	2,4 tf/m ³
Módulo de elasticidad	235.000 kgf/cm ²
Módulo de elasticidad de la varilla de refuerzo	2.100.000 kgf/cm ²
Ultima resistencia a la tensión de la varilla de refuerzo	4.200 kgf/cm ²

El análisis estructural se llevó a cabo en base a las condiciones arriba descritas.

El diseño de la estructura de entrada de Poza Honda se muestra en los Dibujos N°. 2-PT-002 al 2-PT-007.

4.4.2 Túnel de Derivación Poza Honda - Mancha Grande

(1) Generalidades

La ruta del túnel de derivación se seleccionó para que tenga la longitud más corta entre la entrada y salida y tomando en cuenta la topografía a lo largo de la ruta del túnel así como la geología de la misma. Se proveen dos curvas en la ruta para obtener suficiente profundidad de cobertura desde el nivel del suelo.

El túnel de derivación es un túnel no presurizado de 4,1 km de longitud con un diámetro de 2,5m en sección de forma de herradura estándar y su pendiente es de 1:3.900. La velocidad media de flujo en el túnel es de 0.89 m/s. a su descarga máxima de 4,0 m³/s.

El lecho rocoso alrededor del túnel de derivación está compuesto predominantemente de materiales finos, v.g., limolitas y areniscas finas limosas las cuales son moderadamente cementadas o compactas. El túnel de derivación Poza Honda-Mancha Grande se construirá utilizando el mismo método de construcción de túneles (NATM) tal como los otros túneles de derivación.

Las secciones típicas transversales del túnel de derivación se han determinado de acuerdo a los resultados del análisis estructural del túnel.

El diseño del túnel de derivación Poza Honda-Mancha Grande se muestra en los Dibujos N° 2-PT-001 y 2-PT-008.

(2) Diseño hidráulico

La capacidad requerida del túnel de derivación es de 4 m³/s. El diámetro mínimo del túnel se ha considerado en 2,5m para asegurar la funcionalidad en el túnel. La sección del túnel es de forma de herradura estándar y el tipo de flujo es libre bajo las mismas consideraciones como en los otros túneles de derivación.

La longitud del túnel es de 4.093 m y una pendiente de 1/3.900 es suficiente para descargar el caudal de 4 m³/s con un túnel de diámetro mínimo de 2,5 m. La suave pendiente reducirá la velocidad del flujo en el túnel de manera que no se requiere ninguna instalación de disipación de energía en la salida del túnel.

(3) Diseño estructural

El análisis estructural del túnel se realizó de acuerdo con los mismos conceptos de diseño de los otros túneles de derivación.

(A) Análisis estructural del túnel

El análisis estructural del túnel se llevó a cabo mediante el método FEM de

las misma manera antes mencionada para los otros túneles de derivación.

(a) Condiciones de análisis

El esfuerzo inicial en la ruta propuesta del túnel se estimó en base a la sobrecarga proveniente desde la superficie del suelo a la cota del túnel. El esfuerzo inicial se clasifica en 2 casos tal como se muestra en la Figura 4.1.1, y la presión de sobrecarga se estima como se muestra en la Tabla 4.1.2.

Los valores de diseño de la roca base de la ruta propuesta del túnel de derivación Poza Honda - Mancha Grande se muestran en la Tabla 4.1.2.

Los valores de diseño del hormigón lanzado y de los pernos en roca como revestimiento primario y el revestimiento secundario de hormigón son completamente iguales a los otros túneles.

La sección transversal típica del túnel se muestra en la Figura 4.1.4.

(b) Análisis estructural

El análisis estructural del túnel se llevó a cabo mediante FEM. Se elaboró una malla de entrada de datos. Estos se muestran en la Figura 4.1.6.

(c) Resultados del análisis

Los resultados del análisis estructural del túnel se describen a continuación.

(i) Caso B-1: Sobrecarga 60m (593 m de longitud, 14% de la longitud total del túnel)

- Revestimiento primario

El esfuerzo de compresión en el hormigón lanzado de 10 cm de espesor es menor que el 36 % de la resistencia del hormigón lanzado de un periodo de 12 meses después de la excavación del túnel. La fuerza de tensión actúa en los pernos de roca, el cual es menor que el 28% de la resistencia del perno de roca.

El incremento del esfuerzo de compresión y de la fuerza de tensión que actúa en el hormigón lanzado y los pernos de roca desde inmediatamente después de la construcción del túnel hasta 12 meses se muestra en la Figura 4.1.11.

- Revestimiento secundario

El esfuerzo máximo de compresión, el esfuerzo máximo de tensión y el

esfuerzo cortante máximo los cuales actúan en el hormigón son menores que la resistencia del hormigón (ver Tabla 4.1.4).

(ii) Caso A-2: Sobrecarga 300m (3.500 m de longitud, 86% de la longitud total del túnel)

- Revestimiento primario

El esfuerzo de compresión en el hormigón lanzado excede su resistencia en un lapso de 3 meses después de la construcción del túnel. Por otra parte, la fuerza de tensión en el perno de roca es del 96% de su resistencia en un lapso de 12 meses después de la construcción del túnel (ver Tabla 4.1.3 y la Figura 4.1.12).

Los resultados del análisis sugieren que un revestimiento secundario tiene que hacerse dentro de 2 meses después de la excavación del túnel.

- Revestimiento secundario

El esfuerzo máximo de compresión, el esfuerzo máximo de tensión están dentro de la resistencia del hormigón como se muestra en la Tabla 4.1.4. El esfuerzo cortante máximo ($9,6 \text{ kgf/cm}^2$) está sobre la resistencia ($8,5 \text{ kgf/cm}^2$). Sin embargo, actuará sobre una parte limitada, y el esfuerzo de corte máximo promedio en el revestimiento de hormigón es de $8,0 \text{ kgf/cm}^2$, el cual es menor que la resistencia del hormigón.

El tipo de túnel a aplicarse para el túnel de derivación de Poza Honda-Mancha Grande se muestra en la Figura 4.1.13.

De los resultados del análisis FEM y para poder afrontar condiciones geológicas imprevistas durante la construcción del túnel, se aplican cuatro tipos de secciones transversales típicas a la parte principal del túnel.

Por lo tanto, los siguientes cuatro tipos se diseñaron para aplicarse al túnel de derivación.

	Tipo I	Tipo II	Tipo III	Tipo IV
Distancia Aplicada (m)	0	593	3.500	0
Espesor del hormigón lanzado (cm)	10	10	15	10
Pernos de roca	D25x3N°. X 2m (intervalos de 1,2m)	D25x5N°. X 2m (intervalos de 1,2m)	D25x5N°. X 2m (intervalos de 1,2m)	D25x5N°. X 2m (intervalos de 1,2m)
Revestimiento de hormigón (cm)	30	30	30	30
Refuerzos	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno
Soporte de acero H	Ninguno	Ninguno	Ninguno	H-125, 1,2m de intervalo

Las secciones típicas del túnel se muestran en el Dibujo N°. 2-PT-008.

(B) Análisis estructural de las partes de entrada y salida del túnel.

Los valores de diseño a usarse para el análisis estructural de la entrada del túnel y la salida son los siguientes.

Valores de diseño del lecho rocoso	Parte de entrada	Parte de Salida
Peso específico	1,8 tf/m ³	2,0 tf/m ³
Módulo de elasticidad	10.000 kgf/cm ²	12.000 kgf/cm ²
Cohesión	2,0 Kgf/cm ²	3,0 Kgf/cm ²
Angulo de fricción interna	30,0 grados	40,0 grados
Valores de diseño del hormigón		
Peso específico		2,4 tf/m ³
Módulo de elasticidad		235.000 kgf/cm ²
Módulo de elasticidad de la varilla de refuerzo		2.100.000 kgf/cm ²
Ultima resistencia a la tensión de la varilla de refuerzo		4.200 kgf/cm ²

Las secciones transversales de las partes de entrada y salida del túnel se muestran en los Dibujos N°. 2-PT-007 y 2-PT-012.

4.4.3 Salida Mancha Grande

La ubicación de la salida se ha trasladado a la ladera de la montaña desde el sitio propuesto en el estudio de factibilidad tomando en cuenta las condiciones geológicas del sitio. Al final del túnel de derivación la sección del túnel va cambiando gradualmente de su forma de herradura estándar hasta adoptar una forma semicircular. El flujo del túnel es liberado en un canal abierto de aproximadamente 200m de longitud de forma trapezoidal y descargado en el río Mancha Grande. No es necesario ningún dissipador específico de energía debido a que la velocidad del flujo es menor a 1,0 m/seg. Las pendientes laterales son protegidas con muros de contención de hormigón en una longitud de 60 m para evitar la erosión causada por el flujo.

El diseño de la salida en Mancha Grande se muestra en los Dibujos N° 2-PT-009 al 2-PT-012.

4.4.4 Ventana de acceso

La ventana de acceso Poza Honda se ha provisto a 225 m aguas abajo del túnel de entrada para facilitar y agilizar los trabajos de construcción del túnel. La ubicación de las ventanas de acceso se determinan de acuerdo con el plan de construcción y la ruta de los caminos de acceso.

La ventana de acceso Poza Honda es propuesta para proceder con la construcción del túnel desde el lado de la entrada en paralelo con la construcción de las estructuras de entrada incluyendo la cámara de válvulas. La entrada del acceso estará en la cota 110,3 m y la longitud de la ventana del acceso será de aproximadamente 168 m. La estructura de la ventana de acceso es igual a las otras ventanas de acceso.

El diseño de referencia de la ventana de acceso se muestra en los Dibujos N° 2-PT-021 y 2-PT-022.

4.5 Caminos de Acceso

4.5.1 Generalidades

Ya que las estructuras están distribuidas en una vasta área del proyecto, se estudiaron 8 caminos de acceso para conectar los caminos existentes a los sitios de las estructuras con fines de construcción y mantenimiento. La ubicación de estos caminos de acceso se muestran en la Figura 4.5.1.

El nombre de los caminos de acceso y las estructuras a conectarse se muestran a continuación.

Nombre del Camino de Acceso	Estructuras que Conecta
(A) Camino de Acceso Conguillo	(i) Entrada en Conguillo (ii) Ventana de Acceso Conguillo
(B) Camino de Acceso El Guasmo	(i) Ventana de Acceso El Guasmo
(C) Camino de Acceso a la Salida en Membrillo	(i) Salida en Membrillo (ii) Ventana de Acceso Membrillo
(D) Camino de Acceso Severino	(i) Estación de Bombeo Severino
(E) Camino de Acceso a la Entrada en Caña Dulce	(ii) Subestación Severino (iii) Tanque de Carga Severino (iv) Canal Abierto Severino (v) Entrada en Caña Dulce
(F) Camino de Acceso Los Cuyuyes	(i) Salida en Los Cuyuyes (ii) Ventana de Acceso Los Cuyuyes
(G) Camino de Acceso La Seca	(i) Ventana de Acceso La Seca
(H) Camino de Acceso a la Entrada en Poza Honda	(i) Entrada en Poza Honda (ii) Ventana de Acceso Poza Honda

4.5.2 Diseño básico

(1) Tipo de camino

Todos los caminos de acceso están diseñados en base a los tipos 4 y 5 especificados en el Libro de Diseños del Ministerio de Obras Públicas del Ecuador. Los caminos de acceso están clasificados en dos tipos, los caminos permanentes que se utilizarán durante y después de la construcción y los caminos de acceso provisionales los cuales serán utilizados solamente durante la construcción.

(2) Velocidad del Diseño

La velocidad del diseño se designa en 30 Km/h

(3) Sección Transversal Típica

Las secciones transversales típicas de los caminos de acceso se muestran en la Figura 4.5.2

(4) Normas para el Diseño Geométrico

Las normas para el diseño geométrico se presentan a continuación:

Diseño Geométrico de los Caminos de Acceso

Normas	Clase 4 y 5	
Velocidad de Diseño (km/hora)	30	
Alineamiento Horizontal	Radio mínimo de curva (m)	30 (15)
	Longitud mínima de curva (m)	40
	Radio mínimo de curvas sin peralte (m)	80
Alineamiento Longitudinal	Gradiente longitudinal mínima (%)	7,0 (8,0-10,0)
	Radio mínimo de curva, forma convexa(m)	250
	Radio mínimo de curva, forma cóncava (m)	250
	Longitud mínima de curva (m)	25
Sección Transversal	Inclinación transversal estándar (%)	4,0
	Peralte máximo	1/75
	Peralte mínimo	1/300
Combinación máxima de pendientes (%)	11,5 (12,5)	
mínima Distancia visual (m)	30	

Nota: Los valores en () son para casos excepcionales

4.5.3 Estudio de la Rutas de los Caminos de Acceso

(A) Camino de acceso Conguillo

El camino de acceso tiene la función de conectar el camino de acceso Canuto en Buenaventura con la entrada en Conguillo pasando a través del pueblo de Membrillo. Se requiere construir una nueva carretera entre Buenaventura y el pueblo de Membrillo ya que no existe ningún camino. Entre el pueblo de Membrillo y la Entrada en Conguillo, hay un camino de verano con una ancho de 2,5 m.

Se identificaron dos rutas, una durante el estudio de factibilidad en 1992 y otra durante el diseño Brasileño en 1987, sin embargo, ambas rutas entre Buenaventura y el pueblo de Membrillo no son adecuadas para una vía en términos de su diseño geométrico. En el camino existente entre el pueblo de Membrillo y la entrada en Conguillo, la inclinación longitudinal es de más del 20%, lo cual no es adecuado para un camino de acceso.

Se estudió una nueva ruta a lo largo de todo el tramo. Esta nueva ruta está definida como el tramo entre Buenaventura y un punto a 5 km mas allá de Membrillo y las dos rutas del estudio previo son omitidas. En el tramo restante, 5 km mas allá de Membrillo (el punto a los 5 km)-hasta la entrada en Conguillo, un nuevo estudio comparativo se llevó a cabo entre las tres rutas, que son: Ruta A (nueva ruta identificada), Ruta B (Ruta del Estudio de Factibilidad) y Ruta C Ruta del diseño Brasileño, como se muestra en la

Figura 4.5.3. Las características principales de las alternativas respectivas se resumen abajo.

Ruta A: El camino corre a lo largo de la margen izquierda del estero Cañales desde el punto a los 5 km hasta la entrada en Conguillo vía el pueblo de Cañales Grande. Las condiciones topográficas a lo largo de la ruta son suaves y la gradiente longitudinal de diseño no tiene mucha inclinación. La longitud total de la ruta es de aproximadamente 7km

Ruta B: Desde el punto de los 5km, el camino de acceso corre a lo largo del camino existente en su mayoría, pasando por la cadena montañosa. Su pendiente es muy empinada a lo largo de toda la ruta. No hay estructuras para cruzar el estero Cañales y la gradiente longitudinal del tramo de 2 km alrededor del punto de cruce es muy inclinada y luego se requiere realinear la ruta cerca del punto de cruce. Su longitud total es aproximadamente de 8km.

Ruta C : Esta es un camino nuevo que corre a lo largo de toda la ruta entre el punto de los 5km y la entrada en Conguillo pasando por el pueblo El Ajo. El camino pasa por la cadena montañosa casi a lo largo de toda su ruta y su pendiente es tan inclinada como la de la Ruta B. La gradiente longitudinal cerca del estero Cañales es muy inclinada y se requiere la construcción de un puente para su cruce considerando la cota de su rasante. La longitud total de la ruta es aproximadamente de 7km.

Se considera que la Ruta A es preferible como la ruta para el camino de acceso Conguillo en términos de aspectos económicos y constructivos.

(B) Camino de acceso El Guasmo

El camino se bifurca desde el camino de acceso Conguillo conectando la ventana de acceso El Guasmo. El camino por lo tanto, se diseñará después de las consideraciones debidas de los alineamientos horizontales y longitudinales del camino de acceso Conguillo.

(C) Camino de acceso a la salida en Membrillo

El camino de acceso a la salida en Membrillo se bifurca desde el camino de acceso Conguillo y se conecta con la salida en Membrillo. De igual manera que con el camino de acceso a la ventana de acceso El Guasmo, el diseño del camino se realizará según el diseño del camino de acceso Conguillo.

(D) Camino de acceso Severino

Este camino tiene la función de dar acceso a la estación de bombeo Severino desde la carretera existente Pichincha a la entrada en Caña Dulce y debe ser construida totalmente. Se debe superar una diferencia de cotas de 300m entre los caminos.

(E) Entrada en Caña Dulce

Este camino será construido principalmente en paralelo con el canal abierto Severino y conecta un punto del camino de acceso Severino con la Entrada en Caña Dulce.

Las rutas factibles del camino de acceso son las siguientes, como se muestra en la Figura 4.5.4

Ruta A: El camino se bifurca desde el camino a Pichincha en el pueblo Las Delicias hacia Caña Dulce pasando por la montaña sobre la margen derecha del Estero Capilla. La diferencia de cotas es de aproximadamente 300. Existe un camino de 2,5 m de ancho hasta un punto a 500m desde el pueblo Las Delicias y también hay un sendero de 2 m en la montaña. La longitud total del camino es aproximadamente de 6,0km. En la ruta hay muchos tramos de curvas horizontales y tramos de gradientes longitudinales muy inclinadas.

Ruta B : La ruta conecta el pueblo de Piedra Azul con el pueblo de Bijagual teniendo una diferencia de cotas de aproximadamente 240 m. Solo hay un sendero en la ruta. La longitud total de la ruta es aproximadamente de 3,5 km. Solo hay un tramo con pendiente longitudinal grande en la ruta y hay un pequeño número de tramos de curvas horizontales en comparación con otras rutas.

Ruta C : La ruta conecta el pueblo de Piedra Azul con el Pueblo de El Zambo a lo largo del estero Chontillo con una diferencia de cotas de aproximadamente 330 m. No hay vía existente ni sendero a lo largo de toda la ruta. La longitud total del camino es aproximadamente de 5,7 km. Al igual que la Ruta A, hay muchos tramos de curvas horizontales y secciones de gradientes muy grandes.

La Ruta B se seleccionó como la ruta preferible para el camino de acceso Severino por los aspectos económicos y constructivos en comparación con aquellos de las otras dos rutas.

(F) Camino de acceso Los Cuyuyes

El camino conecta la presa Poza Honda con la salida en Los Cuyuyes pasando por los pueblos N°1 y N° de Mercedes y el pueblo de Los Cuyuyes. En la ruta entre la presa Poza Honda y el pueblo Los Cuyuyes hay un camino de 3m de ancho. Una gran cantidad de personas viven a ambos lados de la vía y su tierra agrícola está alrededor del camino descendiendo suavemente hacia el embalse de Poza Honda.

(G) Camino de acceso La Seca

Este camino de acceso conecta a la ventana de acceso La Seca del túnel de derivación La Esperanza-Poza Honda. Para las alternativas de la ruta, se toman en consideración dos conexiones de vía, conectando la carretera a Pichincha y (B): desde el camino de acceso Los Cuyuyes la cual es requerida para ingresar a la salida en Los Cuyuyes del túnel de derivación La Esperanza-Poza Honda, como se muestra en la Figura 4.5.5 y sus características se resumen abajo.

Ruta A1 : La ruta se bifurca desde el camino de acceso Los Cuyuyes en el pueblo Mercedes N°1 pasando por el pueblo de La Laguna en la margen derecha del río Pata de Pájaro. La ruta yace casi a lo largo de la riveras del río Pata de Pájaro, la cual tiene una pendiente relativamente moderada. En el tramo con una fuerte inclinación, se requiere un muro de contención para proteger la pendiente del terraplén. No se necesita ninguna estructura para el cruce del río Pata de Pájaro. La longitud total del camino es aproximadamente de 4,0 km. Este camino podría construirse al mismo tiempo que el camino de acceso Los Cuyuyes.

Ruta A2 : Al igual que con la Ruta A1, el camino se bifurca desde el camino de acceso Los Cuyuyes en el pueblo Mercedes N°1, y luego pasa por el pueblo La Laguna y la margen izquierda del río Pata de Pájaro en la cual hay pendientes relativamente moderadas. Sin embargo, se requiere dos puentes para cruzar el río Pata de Pájaro. La longitud total del camino es de aproximadamente 4,0 km.

Ruta B : Esta ruta conecta desde Pichincha y pasa por una hacienda privada hasta la ventana de acceso La Seca. En una parte de la hacienda hay una camino de 2,5 m de ancho, el cual requiere de mejoramiento como camino de acceso y debe construirse un nuevo camino en la mayor parte de su longitud. Hay muchas curvas horizontales y tramos de gradiente fuerte. La longitud total del camino es de aproximadamente 4,1 km. Se deberá hacer la compensación respectiva por el terreno casi a lo largo de toda la ruta.

La Ruta B es claramente muy desfavorable en comparación con las Rutas A1 y A2 como un camino para transportar los materiales de desalojo desde el túnel. La Ruta A1 es preferible a la Ruta A2 desde el punto de vista económico ya que la Ruta A2 requiere de la construcción de puentes.

De acuerdo a esto, se ha determinado que una nueva construcción de un camino de acceso deberá evitarse y que el camino de acceso se construirá mediante el mejoramiento y ensanchamiento del camino existente a fin de minimizar la compensación a los habitantes y por adquisición de tierra en la ruta entre la presa de Poza Honda y el río Pata de Pájaro. Las rutas factibles entre el pueblo del río Pata de Pájaro y la salida en Los Cuyuyes se describe a continuación y se ilustra en la Figura 4.5.6. Estas rutas alternativas se seleccionaron en consideración al punto de cruce del río Pata de Pájaro y el paso a través del pueblo de Los Cuyuyes.

Ruta A : El punto de cruce del río Pata de Pájaro se sitúa en el mismo lugar del cruce con el camino existente y la ruta se selecciona para evitar pasar por el pueblo de Los Cuyuyes. La gradiente longitudinal es del 10 % cerca del punto de cruce. La longitud de la ruta es de aproximadamente 2,35 km.

Ruta B : La ruta corre a lo largo del camino existente hasta el pueblo de Los Cuyuyes. Para mantener la gradiente máxima especificada en las normas, se requiere una excavación de 10 de profundidad en el pueblo de Los Cuyuyes. La longitud de la ruta es de aproximadamente 2,4 km. Esta ruta pasa por Los Cuyuyes, por lo tanto, se espera algo de influencia en los habitantes debido a la construcción.

Ruta C : El punto de cruce con el río Pata de Pájaro está ubicado aguas arriba de aquel de la Ruta A por tener pendientes moderadas cerca del punto de cruce y para acortar la longitud del cruce. Sin embargo cerca del punto de cruce hay rocas de gran tamaño lo cual no es adecuado para la construcción de una estructura de cruce. La longitud de la ruta es alrededor de 2,30 km.

La Ruta A se selecciona como la alternativa preferible para el camino de acceso de Los Cuyuyes en comparación con las otras dos rutas por sus aspectos económicos y constructivos así como por la influencia en los habitantes del pueblo Los Cuyuyes.

(H) Camino de acceso a la entrada en Poza Honda

El camino de acceso a la entrada en Poza Honda parte desde el camino de

acceso Los Cuyuyes y se conecta a la entrada en Poza Honda y con la ventana de acceso Poza Honda. La longitud del camino es alrededor de 0,7 km.

Basándose en los resultados del estudio mencionado anteriormente, todas las rutas de los caminos de acceso propuestos fueron diseñados.

4.5.4 Diseño Detallado de los Caminos de Acceso

El diseño detallado de los ocho (8) caminos de acceso se hizo en base al estudio de sus rutas. La longitud de cada uno de los caminos de acceso se muestra abajo.

(A) Camino de Acceso Conguillo	22,6 km
(B) Camino de Acceso a la Ventana de Acceso El Guasmo	1,6 km
(C) Camino de Acceso a la salida en Membrillo	0,4 km
(D) Camino de Acceso Severino	9,3 km
(E) Camino de Acceso a la Entrada en Caña Dulce	2,7 km
(F) Camino de Acceso Los Cuyuyes	12,6 km
(G) Camino de Acceso La Seca	3,8 km
(H) Camino de Acceso a la Entrada en Poza Honda	0,7 km
Total	53,7 km

La planta y perfil y las secciones transversales de los caminos de acceso se muestran en Volumen XI, PLANOS DE DISEÑO del Informe Final.

4.6 Equipo Mecánico y Eléctrico

4.6.1 Equipo Bomba Principal y Motor

(1) Bombas principales

(i) General

Diversos estudios fueron hechos del Proyecto englobando diferentes números de unidades de bombeo para determinar el arreglo más adecuado y económico. Los estudios también englobaron la solución del tipo apropiado de bomba, necesidades de unidades de respaldo, recursos y tipos de captación, etc. Como resultado de los estudios, se ha decidido que deben instalarse en la estación de bombeo de Severino seis unidades de bombeo, de eje vertical, de aspiración simple y centrifugas, con una capacidad de $3.2 \text{ m}^3/\text{seg}$. cada una, incluida una unidad de respaldo que debe ser de igual capacidad a las instaladas en la estación de bombeo Severino. Adicionalmente a tales condiciones de diseño, las seis unidades de bombeo serán capaces de descargar el total de $Q = 16 \text{ m}^3/\text{s}$ con un nivel de agua en la succión entre NMO 47.0 m y el nivel de diseño ND 58.5 m. En cualquier caso, no deberá esperarse efectuar control de la descarga por medio de la válvula de guardia o con la bomba; el control preferentemente se lo hará con la combinación del número de unidades y horas de operación de las bombas. Las condiciones de diseño de las bombas son como se resumen a continuación.

- Requerimientos máximos de caudal de agua	16.0 m^3/seg . (al punto básico del diseño)
- Niveles de agua en el foso de succión de las bombas	
Nivel de crecida (NAC)	EL. 69.00 m
Alto nivel (ANA)	EL. 66.00 m
Nivel de diseño (promedio) (ND)	EL. 58.00 m
Nivel mínimo de operación (NMO)	EL. 47.00 m
- Nivel de agua de diseño en el tanque superior	EL. 114.02 m (caudal de diseño) EL. 114.06 m (sobre flujo)
- Carga real de diseño	55.52 m

(ii) Carga de Bombeo

La carga total nominal para diseño de la bomba fue decidida en 60 metros, que corresponde a la carga real de diseño de 55.52 metros más 4.48 metros de pérdidas de carga en las tuberías. Para el cálculo de las pérdidas de carga fueron utilizadas las siguientes fórmulas:

- Pérdidas por fricción : Por fórmula de Darcy - Weisbach
- Pérdidas en codos : Por fórmulas de Fuller
- Pérdidas por convergencia : Por fórmula de Fradel
- Pérdidas por ensanchamientos : Por fórmula de Gibson

(iii) Velocidad de la bomba

La velocidad de la bomba ha sido determinada de tal manera que no ocurra cavitación bajo ninguna condición posible de operación. Para prevenir la cavitación, la Altura Neta Positiva de Succión disponible (A.N.P.S.) disp. de la bomba deberá ser mayor que la Altura Neta Positiva de Succión requerida (A.N.P.S.) req. como se indica en la siguiente ecuación:

$$\text{ANPS disp.} \geq \text{ANPS req} + \alpha$$

Donde α = tolerancia 0.5 m

La (ANPS) disponible para la bomba al nivel más bajo de agua, por ejemplo, NA.46.5 m en el estanque de succión para el peor caso es calculada de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} (\text{ANPS}) \text{ disp.} &= h_a + h_s - h_v - h_l \\ &= 10.03 \text{ m.} \end{aligned}$$

Donde	h_a : Presión atmosférica a la cota EL. 46.5 m	10.27 m.
	h_s : Profundidad del impulsor desde el mínimo nivel de agua de operación	1.00 m
	h_v : Presión de vapor saturado a 30°C	0.43 m
	h_l : Pérdidas de carga en la tubería de succión	0.81 m

La (ANPS) req. de la bomba es calculada como sigue:

$$(\text{ANPS})_{\text{req.}} = \left[\frac{n\sqrt{Q}}{S} \right]^{4/3}$$

Donde, n = Velocidad de la bomba (r.p.m.)

Q = Caudal de la bomba $160 \text{ m}^3/\text{min.} (2.67 \text{ m}^3/\text{s al NMO})$

S = Velocidad específica de succión 1414

Por lo tanto,

$$(\text{ANPS})_{\text{req.}} = \left[\frac{n\sqrt{Q}}{S} \right]^{4/3} = (\text{ANSP})_{\text{disp.}} - \alpha$$

$$n = 606$$

La velocidad de diseño del conjunto bomba/motor es por lo tanto 600 rpm., tomando en consideración que la velocidad sincrónica del motor es a una frecuencia de 60 Hz.

(iv) Diámetros de la succión y la descarga de la bomba.

Los diámetros de la succión y la descarga de la bomba son determinados tentativamente a 1100 mm. y a 800 mm. respectivamente, asumiendo que la velocidad del agua en la succión es de 3.5 m/seg y en la descarga de 6.5 m/seg. La determinación final del tamaño de la bomba estará sujeta a la selección del Contratista (fabricante de la bomba) basado en su experiencia y en varias pruebas realizadas.

(v) Características principales de la bomba

De los valores de N_s y del caudal, se asume que la eficiencia mínima de la bomba es de 0.88

La tubería de succión es fabricada de acero, y es diseñada para reducir al mínimo las pérdidas de carga, para prevenir flujo turbulento, y para una segura y alta capacidad de succión. El impulsor y el eje son fabricados de acero inoxidable fundido y de acero al carbono forjado, respectivamente. Los cojinetes son lubricados por aceite tipo baño y enfriado por tubos de agua. El sello del eje son empaquetaduras compresivas con agua de sellado.

(2) Motores eléctricos

(i) General

Fueron seleccionados motores eléctricos trifásicos de inducción, tipo rotor devanado, para las bombas principales, con la consideración de limitar la corriente de arranque y conseguir suficiente torque de arranque. Las condiciones de diseño de los motores son las siguientes:

- a) Voltaje 4.16 kV
- b) Frecuencia 60 Hz
- c) Velocidad sincrónica 600 rpm (12 polos)

(ii) Potencia requerida del motor

La potencia requerida de cada motor es calculada mediante la siguiente ecuación basada en la eficiencia de la bomba, descarga de diseño y altura de bombeo.

$$P = 0.163 \times \frac{Q \times H}{\eta} \times (1 + \alpha)$$

- donde, Q : Descarga de diseño 192 m³/min (en promedio, WL 58.5 m.)
- H : Altura de bombeo de diseño 60 m
- h_p : Eficiencia de la bomba 0.88
- α : Tolerancia 0.1

Entonces, P = 2347 kw

En consecuencia, la potencia del motor se fijará en 2400 kW, tomando en cuenta un margen de seguridad.

(iii) Sistema de arranque del motor

Se adoptará un sistema de arranque por resistencia secundaria con el fin de reducir la corriente de arranque y conseguir suficiente torque de arranque. Para el motor de inducción de rotor devanado las características de arranque de este sistema son superiores a las de otros sistemas tales como transformador de compensación, reactor de arranque, torque de arranque etc., en corriente de arranque, torque de arranque, y factor de potencia durante el arranque. Los bobinados del rotor del motor son llevados a través de escobillas y anillos

rozantes hacia el exterior y conectados al reostato de líquido operado a motor. Cuando el motor es arrancado, la resistencia secundaria que es posicionada en el punto de máxima resistencia, es gradualmente reducida a medida que aumenta la velocidad del motor y finalmente es cortocircuitada. Entonces, el motor alcanza su velocidad nominal y completa su arranque. El reóstato de líquido será puesto en operación para cada bomba dos o tres veces en un periodo de una hora. Se proveerá los necesarios interbloques para evitar el arranque en cortocircuito del reóstato de líquido cuando el motor es rearrancado.

(iv) Características principales del motor

El motor es del tipo totalmente encerrado, autoenfriado y recirculado con enfriadores de aire. Se adoptará este sistema de enfriamiento para este motor a causa de su alto efecto de enfriamiento, bajo ruido, tamaño compacto, aire de enfriamiento libre y escasa influencia sobre la temperatura y flujo de aire en el compartimiento comparado con el sistema autoventilado tipo abierto. El agua de enfriamiento de los enfriadores de aire se tomará de las tuberías de descarga y luego será retornada a la tubería de succión por flujo de gravedad.

El factor de potencia y la eficiencia de grandes motores de inducción como los propuestos generalmente están en el orden de 0.85 y 0.95 respectivamente. El factor de potencia mencionado podrá elevarse entre 0.90 y 0.95 con condensadores estáticos conectados a la barra de 4.16 kV.

Los motores tendrán una clase de aislamiento "F", la cual ha sido escogida en base del máximo aumento de temperatura del motor. El mínimo GD^2 del motor (incluyendo el de la bomba) se fijará en 4240 kg-m^2 para reducir el aumento de presión debido al golpe de ariete en las tuberías de descarga.

Las principales características de los motores se resumen a continuación:

Protección:	Totalmente encerrado
Sistema de enfriamiento:	Tipo enfriador de aire enfriado por agua
Ventilación:	Tipo de recirculación y autoventilado
Ciclo de trabajo:	Continuo
Max. aumento de temperatura:	100 °C
Min. eficiencia:	0.95 (a carga nominal)
Min. factor de potencia:	0.85 (a carga nominal)
Clase de aislamiento:	F
Min. GD^2 :	4240 kg-m^2 (incluyendo bomba)

(3) Válvulas de retención y válvulas de guardia

(i) Válvulas de retención

Una válvula de 1000 mm de diámetro con sistema de by-pass tipo check provista con un amortiguador de cierre lento como válvula de retención es instalada en cada una de las salidas de la bomba para prevenir una rotación inversa de la bomba y para reducir al mínimo la onda ascendente de agua debida al golpe de ariete en la tubería de descarga. La selección de este tipo de válvula fue dependiente principalmente del punto de vista económico y de sus características hidráulicas.

(ii) Válvula de guardia

Una válvula de guardia de eje horizontal, tipo mariposa eléctricamente operada es instalada como válvula de guardia en cada una de las salidas de las bombas, después de la válvula de retención. La válvula de guardia es accionada por un motor reductor y/o con un volante de accionamiento manual a ser usado en caso de falla de energía eléctrica.

(4) Sistema de control

(i) General

La operación de la bomba es normalmente controlada ya sea desde un tablero de control separado tipo consola instalado en la sala de control por medio de control remoto bajo la supervisión del tablero de control supervisorio semigráfico o por el tablero de control local localizado junto a los motores. Las bombas serán operadas para satisfacer la demanda de agua y la descarga de agua acumulada en combinación con el número de unidades y el tiempo de operación en horas, el cual se basará en la información del nivel de agua suministrado por los detectores de nivel instalados en la toma de succión y el tanque principal junto con los indicadores de flujo provistos en cada tubería de descarga.

(ii) Indicadores y medidores

El tablero de control supervisorio semigráfico y el tablero de control tipo consola a instalarse en la sala de control incluirá como mínimo los siguientes indicadores y medidores:

a) Tablero de control supervisorio semigráfico

- i) Sistema gráfico de bombeo incluyendo toma de succión, equipo de bombeo, tuberías de descarga y tanque principal**

- ii) Lámparas indicadoras de secuencia para unidades de bombeo
 - iii) Grupo de lámparas indicadoras de falla (alarmas)
 - iv) Termómetros: cojinetes de motor y bomba, arrancador del motor, aire a la entrada y a la salida del enfriador del motor.
 - v) Indicadores de nivel de agua: toma de succión y tanque principal
 - vi) Medidores de flujo para bombas principales: tuberías de descarga
 - vii) Lámparas indicadoras de cierre o apertura completos de válvula de guardia
- b) Tablero de control tipo consola
- i) Selectores maestros de control de arranque-parada de las unidades de bombeo
 - ii) Selectores de control para parada manual de emergencia
 - iii) Selectores para indicadores de temperatura
 - iv) Interruptor de control de la fuente de energía para C.A. y C.C.
 - v) Grupo de botoneras de conocimiento, reposición y prueba
 - vi) Otros

(iii) Protección y alarma

Las bombas y motores serán diseñados para parar automáticamente y/o indicar alarmas sobre el tablero de control supervisorio o el tablero de control principal siempre y cuando ocurra alguna de las siguientes situaciones de falla:

- a) Parada de bombas:
- i) Aumento excesivo de temperatura en cojinetes de bombas y motores
 - ii) Problema en el arranque
 - iii) Aumento excesivo de temperatura en el reóstato de líquido
 - iv) Nivel de agua extremadamente bajo en el foso de succión
 - v) Nivel de agua excesivamente alto en el tanque principal
 - vi) Bajo voltaje de la fuente de energía
 - vii) Sobrecarga de los motores principales
 - viii) Falla a tierra interna del motor

- ix) Cortocircuito interno del motor
- b) Alarmas:
 - i) Problema en la válvula de guardia
 - ii) Bajo nivel de aceite en el tanque de aceite de cojinetes de bomba y motor
 - iii) Suspensión de suministro de agua de enfriamiento
 - iv) Bajo nivel de agua de reóstato líquido
 - v) Bajo nivel de agua en la toma de succión
 - vi) Alto nivel de agua en el tanque principal
 - vii) Nivel de agua no diseñado en el tanque de compensación
 - viii) Presión alta del filtro automático
 - ix) Alto nivel de agua en el foso de succión

(5) Equipos auxiliares

(i) Puente grúa

Dos (2) puentes grúas de baja velocidad son instalados en la casa de bombas. Un equipo es colocado en la entrada de la plataforma para carga y descarga del equipamiento de bombeo. El otro es colocado en la bahía de máquinas y servirá para el montaje y reparaciones del equipo de bombeo. Se ha determinado que la capacidad de la grúa es de 32 Tons., basados en el peso máximo que se deberá maniobrar durante el periodo de construcción. La altura de instalación, el alto y largo del puente grúa fueron determinados de tal manera que el equipamiento de la estación de bombeo pueda ser eficiente y fácilmente instalado o removido. La grúa es operada desde la cabina suspendida de la viga principal del puente. El malacate de la grúa tiene instalado un freno mecánico automático de carga para prevenir descensos de la carga antes que el motor del malacate de descenso esté alimentado con energía. Las siguientes son las principales características del puente grúa.

	Plataforma de Entrada	Bahía de máquinas
Capacidad de izamiento	32/8 ton	32/8 ton
Parte superior de rieles	EL. 78.10	EL. 63.00
Altura de izamiento	22 m	20 m
Luz del puente	10.5 m	10.0 m
Longitud de carrera del puente	16 m	57 m
Colector de corriente	Tipo adosado a la pared	Tipo adosado a la pared

(ii) Bombas de sumidero

Dos bombas de sumidero son instaladas por cada dos fosos sumideros para evacuar el agua de los mismos. La bomba de sumidero seleccionada es de tipo sumergible con una capacidad de 3 m³/min. El control de la operación de la bomba es en forma manual y/o arranque-parada en forma automática por medio de un interruptor de nivel tipo flotador instalado en el foso sumidero.

Las bombas de sumidero también son adecuadas para el llenado de la tubería de descarga antes del arranque de las bombas principales, con lo que se consigue incrementar la presión interna de la tubería de descarga después que la misma sea llenada con agua que fluye por gravedad a través del sistema de by-pass de la válvula de guardia. Las principales características de las bombas de sumidero estan abajo resumidas.

Tipo de bomba	:	Sumergible accionada por motor eléctrico
Capacidad	:	3m ³ /min.
Cantidad	:	4 equipos (2 equipos de respaldo).
Carga total de bombas	:	30.0 m.

(iii) Taller de reparaciones

Un taller de reparaciones está establecido en la estación de bombeo. Este está provisto con el equipamiento necesario para mantenimiento rutinario y para reparaciones menores de bombas, motores y otros equipos eléctricos y mecánicos instalados en la estación de bombeo.

(6) Equipos de la toma

(i) Rejilla y limpiarrejas

Seis (6) rejillas fijas verticales estan previstas en las entradas de los fosos de succión de las bombas. El paso entre las barras de la rejilla fue determinado en 75 mm., para no permitir la entrada de desechos que puedan dañar a las bombas. Un robusto limpiarrejas está previsto para asegurar una positiva limpieza y remoción de desechos que se acumulan en la cara de la rejilla. El limpiarrejas está provisto con rodillos que corren en sus guias. Los rodillos están localizados y dimensionados para posicionar el limpiarrejas exactamente entre los claros de las barras de la rejilla. El limpiarrejas es operado por medio de la grúa pórtico instalada sobre la losa de la toma. Los desechos recolectados por el limpiarrejas serán vaciados dentro de un carro recolector sobre rieles paralelas de patio de 4 tons. de

capacidad, colocado dentro del campo de acción de la grúa pórtico pero desplazado del centro del eje. Las principales características de las rejillas son las siguientes:

i)	Cantidad requerida	:	6 juegos
ii)	Tipo	:	Verticales tipo fijas
iii)	Ancho	:	6.00 m
iv)	Altura	:	7.5 m
v)	Carga de agua de diseño	:	3.0 m
vi)	Paso entre barras	:	75 mm

(ii) Compuertas de toma y vigas de levantamiento

Dos (2) compuertas de toma verticales deslizables tipo ruedas fijas estan previstas a la entrada de los seis fosos de succión, considerando una compuerta para las tres entradas en cada línea de tubería de descarga, esto por conveniencia de operación y mantenimiento, etc. La función de las compuertas es la de cerrar las entradas en el evento que se requiera desalojar el agua de los fosos para inspección y/o mantenimiento del equipo o de la estructura. Marcos guías son instalados para todos los seis fosos de aspiración. Dos juegos de dispositivos de sujeción son previstos en la parte más alta de los marcos guías laterales. Los dispositivos son diseñados para soportar y retener la hoja de la compuerta sobre los bloqueos durante los descansos de operación de la compuerta.

Las hojas de las compuertas son subidas y bajadas por medio de la grúa pórtico a través de la viga de levantamiento. La viga de levantamiento esta provista con dos puntos de enganche y ganchos de izamiento para tomar o dejar la hoja de la compuerta

Las principales características de las compuertas son resumidas como sigue:

(i)	Cantidad requerida	:	Compuertas	2 juegos
			Marcos guías	6 juegos
			Viga de levantamiento	1 juego
(ii)	Tipo	:	Compuerta de ruedas fijas	
(iii)	Ancho libre	:	6.00 m	
(iv)	Altura libre	:	3.00 m	
(v)	Carga de diseño	:	26.90 m	

(iii) Grúa Pórtico

Una (1) grúa pórtico es instalada en la losa de la toma (EL. 70.00 m), y es usada para subir y bajar las hojas de las compuertas y para operación de limpiarrejas. La altura de izamiento y la longitud de la carrear de la grúa fueron determinados para que la hoja de la compuerta y el limpiarrejas puedan ser eficiente y facilmente manipulados, y para que la operación de vaciado de los desechos dentro del carro de vías paralelas sea facilmente ejecutado mas abajo del malacate. Para estos fines, las cargas de diseño para los enrejados de piso son por lo tanto los pesos del carro y de los desechos. La distancia entre vía es determinada en 3.7 m., principalmente considerando el punto de vista de estabilidad de la grúa. La acción de izar y de trasladarse de la grúa está dada por los respectivos mecanismos accionados por motores eléctricos y la energía eléctrica para la misma se suministra por medio de un cable eléctrico de tipo adecuado para el efecto. Las principales características de la grúa pórtico son las siguientes:

(i)	Cantidad requerida	:	1 equipo
(ii)	Tipo	:	malacate de movimiento transversal
(iii)	Altura de izamiento	:	30.00 m
(iv)	Carrera	:	70.00 m
(v)	Distancia entre guias	:	3.70 m
(vi)	Colector de corriente	:	Cable con carrete tipo enrollable
(vii)	Fuente de energía	:	C.A.220-127 V., 3 fases, 4 hilos, 60 Hz.

4.6.2 Tubería de Descarga de Severino

(1) Tubería de descarga

(i) Tipo de tubería de descarga

Desde los puntos de vista de costo de construcción y de facil mantenimiento el tipo de tubería de descarga seleccionada es sobre el terreno.

(ii) Diámetro de la tubería de descarga

La determinación del diámetro económico de la tubería de descarga fué estudiado sobre las siguientes condiciones:

- (a) Tarifa de energía eléctrica : US \$ 0.06/KWH
- (b) Curvas características de la bomba : Ver fig. 4.6.1
- (c) Nivel de agua en el pozo de aspiración : EL. 58.50 m
- (d) Nivel de agua en el tanque superior : EL. 114.50 m

Como resultado del estudio, el diámetro de tubería seleccionado es el de 2000 mm. por ser el más económico. La velocidad del flujo de agua por la tubería de descarga es de 3.06 m/seg. para el máximo caudal de diseño de 9.6 m³/seg. por línea de tubería.

(iii) Golpe de ariete

Teniendo decidida la implantación general y el diámetro de la tubería, es necesario estudiar el fenómeno del golpe de ariete el cual tiene influencia en la carga de diseño de la tubería.

- Carga nominal de bombeo : 60 m.
- Velocidad nominal de la bomba : 600 rpm.
- Caudal de diseño de la bomba : 3 x 3.2 m³/seg.
- Eficiencia de diseño de la bomba : 0.88
- Efecto volante (GD²) : 4240 kg - m²
(bomba y motor)
- Diámetro de tubería : 1.0 - 2.0 m.
- Longitud de la tubería de descarga : 173 m. para la bomba No. 1
- Carga real de la tubería : 55.52 m.

El resultado del análisis del golpe de ariete es mostrado en la Fig. 4.6.5. Basados en la línea de gradiente hidráulica, la parte superior de la onda es mostrada como una línea simétrica de la parte inferior de la misma. La presión negativa como se muestra en la figura por línea punteada, ocurre en la tubería de descarga si los motores de la bomba se disparan repentinamente. Para el efecto esta previsto un tanque de compensación en una dirección

para cada línea de tubería. La máxima carga de agua al centro de la bomba es estimadas en alrededor de 122.2 m.

(iv) Diseño de la tubería de descarga

La tubería de descarga será construida la mayor parte de su longitud siguiendo la superficie original del terreno, anclada con bloques de hormigón y soportada por anillos de refuerzo. Una línea de tubería está provista para operar con tres (3) bombas por consideraciones económicas de construcción de la tubería de descarga. El radio de curvatura de los codos es diseñado para que sea por lo menos dos (2) veces el diámetro de la tubería con el objeto de reducir las pérdidas de carga. La implantación general y la disposición de la tubería de descarga y sus accesorios son mostrados en los planos pertinentes adjuntos a este reporte. Los principales datos para diseño de la tubería de carga se resumen a continuación:

a)	Cantidad requerida	:	2 líneas de tuberías de descarga
b)	Diámetro	:	2.0 m.
c)	Longitud total del eje	:	173 m. incluye bomba No. 1 y la tubería de descarga. 170 m. (incluye la bomba No. 6 y la tubería de descarga)
d)	Máximo caudal de diseño	:	9.6 m ³ /seg. por cada línea de tubería
e)	Carga de diseño máxima	:	max. 130 m. (incluida la debida tolerancia)
f)	Eficiencia de soldadura	:	0.9
g)	Material a ser usado	:	plancha de acero laminado para estructuras soldadas, especificación JIS G 3106 - SM 41 B o equivalente.
h)	Esfuerzo admisible del material	:	1300 Kg/cm ² (Esfuerzo de tensión) 1300 Kg/cm ² (Esfuerzo de compresión) 700 Kg/cm ² (Esfuerzo de corte)
i)	Sobre espesor por corrosión	:	2.0 mm.

La carga de diseño es la suma de la carga estática más la carga dinámica debida al aumento de presión por el golpe de ariete. El incremento de presión debido al golpe de ariete es decisivo para el diseño, asumiendo que la carga dinámica de diseño cambia

linealmente desde el máximo incremento de presión en el centro de la bomba hasta cero en la descarga de la tubería en el tanque superior.

La fórmula para calcular el espesor de la pared de la tubería esta descrita y explicada en el Reporte de Calculos de Diseño. El esfuerzo combinado en la pared del tubo es calculado a partir de la siguiente fórmula:

$$\sigma_g = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1 \cdot \sigma_2 + 3\tau^2}$$

Donde : σ_g = Esfuerzo combinado
 σ_1 = Esfuerzo de tensión circunferencial
 σ_2 = Esfuerzo longitudinal
 τ = Esfuerzo de corte

El espesor de la pared de cada de tramo de tubería es claculado en base a la carga de diseño como se muestra en la Fig. 4.6.6

Cada tubería será anclada por medio de bloques de hormigón y es soportada por anillos de refuerzo tipo de rodillos a intervalos de 14 m. Una junta de expansión es colocada en cada vano entre dos bloques de anclaje contiguos, para absorber el alargamiento o la disminución de la longitud de la tubería de carga debido a la variación máxima de la temperatura de 40°C con una tolerancia máxima de más 5.0 cm. Las puertas de inspección estan dispuestas sobre la pared de la tubería para inspección o para reparaciones internas de la tubería de descarga. Las superficies interiores y las exteriores de la tubería son cubiertas con pintura de resina epóxica coaltar, excepto las porciones de tubería embebidas en el hormigón, las cuales son recubiertas con pintura de resina fenólica en la superficie exterior.

(2) Tanques de compensación

La función de los tanques de compensación a ser provistos para esta estación de bombas es la de prevenir la destrucción de la tubería de descarga debido al aumento de la presión negativa producida por el golpe de ariete en el momento que la bomba se pare repentinamente. Los siguientes tres tipos de tanques de compensación son concebibles:

- (i) Tanques de compensación en una dirección.
- (ii) Tanque de compensación convencional.
- (iii) Tanque de agua a presión.

Como resultado, el tanque de compensación en una dirección es juzgado suficiente para la tubería planteada en este Proyecto y entonces seleccionado teniendo en consideración las consiguientes ventajas que presenta desde los puntos de vista, que son: (i) bajo costo inicial, (ii) bajo costo de funcionamiento, y (iii) fácil mantenimiento.

Las principales características del tanque de compensación de una dirección se resumen a continuación:

Capacidad efectiva del tanque	:	15 m ³
Nivel de agua en el tanque	:	EL. 101.00 m.
Uniones con válvula mariposa y válvula de retención	:	2 juegos para un tanque de compensación
Diámetro de la unión	:	1.1 m.

4.6.3 Equipamientos Eléctricos en la Estación de Bombeo

(1) General

La potencia eléctrica requerida para la estación de bombeo Severino será suministrada desde la futura Central Daule-Peripa la cual será construida por la Comisión de Estudios para el Desarrollo del Río Guayas (CEDEGE), a 138 kV. Para recibir potencia a través de la línea a 138 kV a construirse en este Proyecto, se construirá la subestación Severino en el sitio de la estación de bombeo.

Esta subestación consistirá de un patio de transformadores principales, un patio de 138 kV y un circuito de conexión en 138 kV para interconectar los patios mencionados. El patio de transformadores principales estará localizado sobre la estación de bombeo y el patio de 138 kV, con un área de 30 x 60 m., será construido en un área accidentada, a una distancia de alrededor de 200 m. del patio de transformadores principales

La capacidad total de la subestación será de 20 MVA. El voltaje secundario de los transformadores será de 4.16 kV para acoplarse directamente a los motores. Además de este suministro se ha diseñado un suministro de potencia local para el campamento base (oficinas del Proyecto y campamentos) y el patio de 138 kV y un suministro de potencia para el servicio de la estación. El suministro de potencia local se realizará a través de alimentadores a 13.8 kV que se originan de la salida de un transformador de servicio local

de elevación de 4.16 a 13.8 kV. El suministro para servicios de la estación es distribuido por un sistema a 220/127 V, trifásico, 4 hilos, que se origina de la salida de transformadores de reducción de 300 kVA, 4.16 kV-220/127 V, uno de los cuales es de reserva.

(2) Diseño de equipo eléctrico

Las principales características del equipo eléctrico son las siguientes:

(i) Transformadores

a) Transformadores principales

i) Capacidad y número

Se instalarán dos transformadores de 10 MVA cada uno.

ii) Tipo

Los transformadores principales serán trifásicos, sumergidos en aceite, enfriamiento natural con radiadores, uso exterior. El tipo de enfriamiento natural es de bajo precio y simple en operación y mantenimiento para un transformador de tal capacidad.

iii) Relación de transformación

La relación de transformación en vacío seleccionada es de 138/4.16 kV.

iv) Cambiador de derivaciones en vacío

Los transformadores principales serán equipados con un cambiador de derivaciones en vacío en el lado de 138 kV a fin de mantenerse el voltaje secundario del transformador en 4.16 kV en cuanto sea posible independientemente de la fluctuación de voltaje en el lado de 138 kV debido a la variación de la potencia de recepción. Las derivaciones seleccionadas son cinco: una central, correspondiente al voltaje nominal de 138 kV y cuatro en $\pm 2 \times 2.5 \%$, en consideración del máximo rango de fluctuación de voltaje en la línea de transmisión de 138 kV.

v) Conexión

El transformador tendrá conexión estrella-delta, símbolo vectorial Yd_1 (IEC Publicación 76, 1967) y el punto neutro del devanado de 138 kV será sólidamente conectado a tierra.

b) Transformador de servicio local:

Se instalará un transformador trifásico de 1000 kVA para Servicio local que elevará el voltaje de 4.16 a 13.8 kV, a localizarse en el patio de transformadores principales para suministro de energía al campamento base, al patio de maniobras

de 138 kV y la demanda general futura en el área del Proyecto. El transformador será sumergido en aceite, autoenfriado, uso exterior.

c) Transformadores de servicio de la estación

Se instalarán dos transformadores trifásicos de 300 kVA para servicios de la estación que reducirán el voltaje de 4.16 kVA a 220/127 V, sistema trifásico, 4 hilos, a localizarse en el cuarto de tableros de baja tensión del edificio de bombeo. Suministrarán energía para cargas de servicio de la estación tales como máquinas auxiliares para el equipo de bombeo, puente grúa, bombas de drenaje, alumbrado, etc. Los transformadores serán aislados con silicón, autoenfriados, tipo seco, encerrados en una cabina metálica.

(ii) Condensadores estáticos

Se instalarán cuatro bancos de condensadores estáticos de 800 KVAR para mejorar el factor de potencia de los motores y reducir las pérdidas de corriente reactiva en los transformadores principales y la línea de transmisión. Se suministrarán junto con reactores serie y bobinas de descarga, acoplados a la barra de 4.16 kV y localizados en el patio de transformadores principales.

La capacidad de cada banco y la cantidad de bancos de condensadores estáticos fueron determinados en consideración de la capacidad y factor de potencia de cada motor y el número de motores a operarse en diferentes épocas del año

(iii) Equipo primario de 138 kV

Se ha adoptado el esquema de barra simple para el patio de maniobras tipo exterior a 138 kV, excepto dos (2) juegos de pararrayos para protección de los transformadores principales, los cuales estarán en el patio de transformadores.

a) Interruptores automáticos

El interruptor automático de la línea de transmisión a 138 kV será aislado en SF₆, tripolar, simple carrera, tipo exterior, de alta velocidad. La capacidad de ruptura seleccionada será de 31.5 kA, la cual corresponde a una de las normalizadas y es similar a la especificada para los interruptores de la Central Daule Peripa a ser construida por la CEDEGE. Otros dos (2) interruptores similares se instalarán para los transformadores principales.

b) Seccionadores:

Un (1) seccionador tripolar, para uso exterior, apertura horizontal, tipo aislador rotatorio, con cuchillas de puesta a tierra se instalará en el circuito de llegada de la línea de transmisión y dos (2) seccionadores simimlares se instalarán para los transformadores principales pero sin cuchillas de puesta a tierra.

c) Pararrayos

Se instalará un (1) grupo de pararrayos a la llegada de la línea de transmisión 138 kV y dos (2) grupos de pararrayos junto al lado de 138 kV de los transformadores principales a fin de protegerlos de descargas atmosféricas o de maniobra.

d) Divisores capacitivos de potencial y transformadores de corriente.

Se instalarán los siguientes equipos con fines de medición y protección:

- i) Un (1) grupo de transformadores de corriente para la línea de transmisión a 138 kV
- ii) Dos (2) divisores capacitivos de potencial para la línea de transmisión de 138 kV
- iii) Un (1) divisor capacitivo de potencial con accesorios para carrier para la línea de transmisión a 138 kV

(iv) Equipos de 13.8 kV

El equipo de 13.8 kV será proyectado para proveer energía al campamento base y al patio de maniobras hasta la terminación del Proyecto y también la demanda general del Proyecto a futuro, para lo cual se instalará un sistema de cubículos tipo exterior con dos (2) alimentadores, a localizarse en el patio de transformadores principales.

(v) Equipos de 4.16 kV

Se dispondrán los circuitos de llegada en 4.16 kV desde los transformadores principales, una interconexión de barras y alimentaciones a las bombas, a los condensadores estáticos y a los transformadores locales y de servicio de la estación en un sistema de cubículos de acero con frente muerto, con seguridades para los operadores, a localizarse en la sala de tableros de alta tensión.

(vi) Tableros de baja tensión

Se proveerán cubículos encerrados en cubierta metálica, autosoportantes, para recibir energía desde los transformadores de servicio de la estación y un generador diesel en caso de emergencia y para distribuir potencia a tres (3) centros de control de motores, dos (2) tableros de CA. y un cargador de baterías.

Los cubículos se localizarán en el cuarto de tableros de baja tensión, e incluirán básicamente los siguientes equipos:

- a) Un (1) conjunto de barras trifásicas, 220/127 V, 1000 A, 4 hilos
- b) Siete (7) interruptores automáticos en aire
- c) Dos (2) interruptores automáticos en caja moldeada
- d) Nueve (9) transformadores de corriente
- e) Dos (2) Transformadores de potencial

(vii) Tableros de control principales

El control de todos los procesos eléctricos en la estación de bombeo se realizará desde los tableros de control principales a localizarse en la sala de control de la estación de bombeo. Los tableros principales serán de disposición vertical, tipo duplex, con puertas de acceso en ambos extremos. En el frente de los tableros se dispondrán los instrumentos indicadores, selectores de control, diagramas mímicos de barras, motores, transformadores, condensadores estáticos, equipos de seccionamiento y protección, etc., con indicadores que muestren la posición de los interruptores automáticos y seccionadores y en la parte posterior se dispondrán los relés de protección.

a) Medición

Se suministrarán instrumentos en cada tablero de control para lo siguiente:

i) Línea de transmisión de 138 kV

- Corriente de línea
- Potencia recibida en kW
- Voltaje de línea a 138 kV
- Frecuencia del sistema
- Energía en kWh
- Medidor de energía reactiva en kVAR
- Medidor de factor de potencia

ii) Circuitos a 4.16 kV

- Corriente del transformador principal
- Potencia de salida en kW del transformador principal
- Medidor de factor de potencia
- Voltaje de barra de 4.16 kV
- Voltaje a tierra de barra de 4.16 kV
- Corriente de línea de condensador estático
- Corriente de línea de motor principal
- Potencia de salida en kW de motor principal
- Energía en kWh de motor principal
- Corriente de línea de transformador local
- Corriente de línea de transformadores de servicio de la estación

iii) Circuitos a 13.8 kV

- Voltaje de barra de 13.8 kV
- Voltaje a tierra de barra de 13.8 kV
- Corriente de alimentador a 13.8 kV
- Potencia de salida en kW de alimentador a 13.8 kV
- Energía en kWh de alimentador a 13.8 kV

iv) Circuitos de baja tensión

- Corriente de transformadores de servicio de la estación
- Voltaje de barra 220/127 V

b) Relés de protección

Se suministrarán paneles de relés para cada máquina y equipo principal que deberá incorporar los siguientes relés de protección y/o alarmas.

i) Protección de las unidades motor-bomba:

- Protección diferencial
- Protección de sobre corriente
- Protección de falla a tierra
- Alta temperatura de cojinetes
- Otras protecciones necesarias

ii) Protección de transformadores principales:

- Protección diferencial
- Protección de sobre corriente
- Operación de relé Buchholtz (2^{da} etapa)
- Otras protecciones necesarias

iii) Protección de transformador local

- Protección de sobre corriente
- Operación de relé Buchholtz (2^{da} etapa)

iv) Protección de condensadores estáticos

- Protección de sobre corriente
- Protección de bajo voltaje

v) Protección de circuitos de 4.16 kV

- Protección de bajo voltaje

- Protección de sobre voltaje
 - Protección de falla a tierra para barra de 4.16 kV
- vi) Protección de línea de transmisión a 138 kV
- Protección de distancia de fase y tierra
 - Protección de sobre corriente
 - Protección de bajo voltaje
- vii) Protección de circuitos de 13.8 kV
- Protección de sobre corriente
 - Protección de falla a tierra para barra de 13.8 kV
 - Protección de falla a tierra de alimentadores de 13.8 kV
 - Protección de bajo voltaje para barra de 13.8 kV
- viii) Protección de servicios de la estación
- Protección de bajo voltaje en barra de 220/127 V
 - Protección de sobrecorriente en transformadores de servicio de la estación
- ix) Alarmas para unidades motor-bomba
- Alta temperatura de cojinetes(1^{ra} etapa)
 - Alta temperatura de aire de enfriamiento
 - Flujo de agua de enfriamiento interrumpido para el enfriador de aire del motor, cojinete del motor y cojinete de la bomba
 - Bajo nivel de aceite de cojinetes de motor y bomba
 - Otras alarmas necesarias
- x) Alarmas para transformadores principales:
- Alta temperatura del aceite
 - Bajo nivel de aceite
 - Operación de relé Buchholtz (1^{ra} etapa)
 - Alta temperatura de devanados
 - Baja presión de gas de interruptor
 - Avería en seccionador
 - Otras alarmas necesarias
- xi) Alarma para línea de transmisión a 138 kV
- Baja presión de gas de interruptor
 - Avería en seccionador
 - Otras alarmas necesarias

xii) Alarmas para transformadores local y de servicio de la estación:

- Alta temperatura del aceite para transformador local
- Operción de relé Buchholtz para transformador local (1^{ra} etapa)
- Otras alarmas necesarias

xiii) Alarmas para servicios de la estación:

- Falla a tierra en la barra de 125 V CC.
- Alto nivel de agua, en foso de bomba de drenaje
- Otras alarmas necesarias

(viii) Tableros de subcontrol

Los tableros de subcontrol serán previstos para dotar de energía trifásica en 220/127 V, C.A., 4 hilos y en 125V CC. a los servicios generales comunes de la estación de bombeo, serán instalados en el cuarto de tableros de baja tensión (EL. 60.0 m.)

Los equipos y dispositivos instalados en los tableros incluirán como mínimo lo siguiente:

a) Panel 1 de C.A.

- Un (1) amperímetro de C.A.
- Doce (12) interruptores automáticos
- Un (1) selector de amperímetro de C.A.
- Un (1) conjunto de borneras terminales

b) Panel 2 de C.A.

- Un (1) amperímetro de C.A.
- Diez y seis (16) interruptores automáticos
- Un (1) selector de amperímetro de C.A.
- Un (1) conjunto de borneras terminales

c) Panel de C.C.

- Diez y seis (16) interruptores automáticos
- Dos (2) contactores magnéticos para circuitos de iluminación de emergencia en C.C.
- Un (1) conjunto de borneras terminales

(ix) Otros servicios generales en la estación de bombeo

a) Panel de baterías

Se suministrará un cargador de baterías encerrado en cubierta metálica, con puertas en el frente para facilidad de inspección, localizado en el cuarto de tableros de baja tensión. El elemento rectificador será silicón. Se proveerá protección con fusibles para los diodos rectificadores.

Con el cargador de baterías se realizará la carga inicial del banco de baterías estacionarias de 200 AH y posteriormente la operación en flotación y la carga de ecualización

b) Baterías estacionarias

Se instalará un banco de baterías estacionarias en el cuarto de baterías (EL. 70.2 m.) a usarse para control de servicios, protecciones y alumbrado de emergencia de la estación de bombeo. Las baterías serán del tipo plomo-acido, 125 V, 200 A-H para una descarga de 10 H.

c) Instalaciones telefónicas

Se instalará una central telefónica automática privada con una capacidad de 60 extensiones, localizada en el cuarto de teléfonos (EL. 70.2 m.) para comunicación entre el interior del edificio de bombeo, el patio de maniobras de 138 kV y el campamento base.

Adicionalmente la comunicación entre la Central Daule Peripa y la estación de bombeo se realizará por medio del sistema de onda portadora (PLC) previsto en este proyecto.

Se suministrará los siguientes elementos para el sistema de PLC:

- Un (1) equipo terminal de onda portadora
- Una (1) trampa de onda
- Un (1) divisor capacitivo de potencial con accesorios para onda portadora
- Un (1) sintonizador de línea
- Una (1) fuente de suministro de energía

d) Generador diesel de emergencia

Se suministrará un generador diesel de emergencia en caso de falla de suministro de energía desde la Central Daule Peripa. La capacidad seleccionada del generador es de 200 kVA para alimentación a cargas esenciales como sistema de bomba de sumidero en el edificio de bombeo, cargador de baterías para fuente de control de C.C., alumbrado de emergencia, etc., pero no para cargas asociadas con las bombas principales ni el campamento base.

A fin de evitar la operación en paralelo con el sistema normal de suministro de energía, el interruptor automático del generador de emergencia deberá interbloquearse con los interruptores automáticos de los transformadores de servicio de la estación.

El generador será trifásico, 4 hilos, 220/127 V, tipo interior, modelo paquete.

(3) Equipamientos adicionales en la central Daule Peripa

En la Central Daule Peripa, proyectada por la CEDEGE se ha previsto un espacio para la instalación del equipo primario que alimentará a la estación de bombeo Severino. Sin embargo, la CEDEGE no ha considerado el equipo correspondiente a esta salida.

En consecuencia, se deberá proveer el siguiente equipamiento primario en el patio de maniobras localizado al exterior de la Central Daule Peripa y dentro de la propia casa de máquinas.

a) En el patio de maniobras de 138 kV

- Un (1) interruptor automático para la línea de transmisión
- Un (1) seccionador con cuchillas de puesta a tierra para la línea de transmisión
- Dos (2) seccionadores para la línea de transmisión
- Dos (2) seccionadores para conexión a barras
- Un (1) conjunto de tres (3) transformadores de corriente
- Dos (2) divisores capacitivos de potencial
- Un (1) divisor capacitivo de potencial con accesorios para carrier
- Tres (3) pararrayos
- Una (1) trampa de onda
- Un (1) sintonizador de línea
- Un (1) lote de conductores eléctricos y accesorios

- Un (1) lote de aisladores y accesorios
- Un (1) lote de estructuras de acero
- Un (1) lote de materiales misceláneos

b) En la casa de máquinas

- Un (1) tablero de control y protección principal
- Un (1) equipo terminal de onda portadora
- Un (1) unidad de suministro de potencia para el equipo de PLC

El equipo y las estructuras a ser añadidas para este proyecto tendrán las mismas especificaciones que el equipo correspondiente de Severino en todo lo que sea posible

(4) Alimentadores de distribución a 13.8 kV

Desde la estación de bombeo se servirá a dos alimentadores a 13.8 kV para suministro de energía al patio de maniobras de 138 kV y al campamento base.

Las rutas de los alimentadores serán seleccionadas a lo largo de la vía de acceso por las facilidades de operación y mantenimiento, excepto el sector entre la estación de bombeo y el patio de maniobras de 138 kV.

Se requerirán instalaciones para recepción de esta potencia en 13.8 kV y la consiguiente reducción de voltaje para alimentación de las cargas en baja tensión, las cuales consistirán básicamente de transformadores de distribución, seccionadores-fusibles y pararrayos.

Las capacidades de los transformadores de distribución a instalarse en el patio de maniobras de 138 kV y el campamento base son las siguientes:

Patio de maniobras de 138 kV 50 kVA, trifásico, 13.8 kV-220/127V, para iluminación exterior, fuente de energía para trabajos de reparación, fuente de energía para pruebas, etc.

Campamento base: 100 kVA, trifásico, 13.8 kV-220/127V, para oficinas del Proyecto, viviendas de campamento, bombeo de agua, iluminación, etc.

El voltaje de los alimentadores de distribución será con una potencia máxima de 1000 kVA, inclusive con proyección futura de la demanda de potencia en el área del proyecto. El calibre del conductor de potencia y del hilo de guardia será 35 mm² en ACSR (Al 6/2.67, AC. 1/2.67) y 22 mm² (7/2.0) respectivamente

La disposición de los conductores será horizontal sobre cruceta y el hilo de guardia se fijará en la parte superior del poste. Los postes de soporte serán de concreto, de adquisición local.

Deberá tomarse en cuenta que los cables para los sistemas telefónico y PLC irán sujetos a los postes de los alimentadores a 13.8 kV.

(5) Sistema de conexión a tierra

Se instalarán sistemas de conexión a tierra para el edificio de bombeo, patio de transformadores principales y patio de 138 kV con los siguientes fines principales:

- i) Para seguridad de personal de operación y público.
- ii) Para proveer conexiones a tierra de equipo primario, transformadores, neutro de estos y el neutro de otros equipos.
- iii) Para proveer un camino de descarga a tierra para pararrayos, cuernos de arco y dispositivos similares.

La malla de tierra se diseñara para enterrarse bajo el nivel del terreno del patio de transformadores, el fondo del edificio de bombeo y en el patio de maniobras de 138 kV.

La resistencia total de la malla de tierra de la estación de bombeo será menor que un ohmio para conseguir las finalidades arriba mencionadas. Como resultado de los calculos, se ha definido un diseño típico de la malla de tierra, con la suposición de que la resistividad específica del terreno es de 12000 W-cm.. Si la resistencia de la malla fuera mayor al anteriormente establecido debido a que la resistividad específica fuera mayor a 12000 W-cm., deberán interconectarse entre sí las tres mallas de tierra de los sectores anteriormente mencionados