

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE  
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA VEGUETA  
DISEÑO DE RESERVOIRIO APOYADO**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO CIVIL**

**LUDEMO ELOY CHERO CHOQUE**

**Lima- Perú**

**2012**

## INDICE

RESUMEN .....	3
LISTA DE CUADROS .....	4
LISTA DE FIGURAS .....	6
LISTA DE SIMBOLOS Y SIGLAS .....	7
INTRODUCCION .....	10
<b>CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES .....</b>	<b>11</b>
1.1 ANTECEDENTES .....	11
1.2 OBJETIVO DEL INFORME .....	11
1.3 MARCO TEORICO .....	12
1.3.1 Esfuerzos en la zona de cubierta (cúpula) .....	12
1.3.2 Presiones hidrostáticas .....	13
1.3.3 Recomendaciones de diseño ACI .....	13
1.3.4 Cargas y esfuerzos de diseño .....	14
1.4 METODOLOGIA DE ANALISIS ESTRUCTURAL .....	16
1.4.1 Análisis sísmico estático .....	16
1.4.2 Análisis dinámico espectral horizontal .....	19
1.5 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE VEGUETA .....	25
1.5.1 Ubicación del proyecto .....	25
1.5.2 Ubicación de la zona de influencia del estudio .....	26
1.5.3 Condición climática y altitud .....	26
1.5.4 Población .....	27
1.5.5 Densidad poblacional .....	27
1.5.6 Tasa de crecimiento .....	27
1.5.7 Evaluación de la calidad del agua .....	27
1.5.8 Estado actual del sistema de agua potable .....	29
<b>CAPITULO II: CÁLCULO DEL VOLUMEN DEL RESERVORIO .....</b>	<b>34</b>
2.1 DATOS BASICOS DE DISEÑO PARA EL ESTUDIO .....	34
2.1.1 Periodo de diseño .....	34
2.1.2 Horizonte del proyecto .....	37
2.1.3 Población de diseño .....	38
2.1.4 Caudales de diseño en base a proyecciones de la demanda de agua potable .....	39
2.1.5 Análisis de la oferta .....	42
2.1.6 Balance oferta-demanda .....	42
<b>CAPITULO III: DIMENSIONAMIENTO DEL RESERVORIO .....</b>	<b>46</b>
3.1. GEOMETRÍA DEL RESERVORIO .....	46

3.2. CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES DEL RESERVORIO .....	48
<b>CAPITULO IV: ANALISIS ESTRUCTURAL DEL RESERVORIO .....</b>	<b>49</b>
4.1 ANÁLISIS (SEGÚN METODOLOGÍA: APÉNDICE A - ACI 350.3 01) .....	49
4.1.1 Análisis sísmico estático .....	49
4.1.2 Análisis dinámico espectral horizontal.....	50
4.1.3 Diseño de las partes del reservorio .....	54
4.1.4 Control de fisuramiento.....	64
4.1.5 Ancho de grieta máximo .....	64
<b>CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>65</b>
5.1 CONCLUSIONES.....	65
5.2 RECOMENDACIONES .....	66
BIBLIOGRAFIA .....	67
ANEXOS .....	68

## RESUMEN

El presente informe presenta el diseño de una estructura de concreto armado, la cual forma parte del proyecto de ampliación y mejoramiento del sistema de agua potable para distrito de Végueta, provincia de Huaura, departamento de Lima.

La estructura ha sido diseñada siguiendo la metodología del ACI y la norma NTE-030, cumpliendo así con la reglamentación vigente (RNE-Reglamento nacional de edificaciones) para la edificación de este tipo de estructuras.

El reservorio tiene una capacidad de 500 m<sup>3</sup> y busca satisfacer la demanda de agua potable dentro del periodo de diseño del proyecto. El reservorio se emplaza sobre un suelo de adecuada capacidad portante, lo cual asegura la estabilidad de la estructura del reservorio; además es un reservorio compuesto por una cubierta tipo cúpula, una viga collarín en la unión muro cúpula, muro de la cuba y una plataforma de cimentación circular.

En el primer capítulo se describen los aspectos generales del proyecto mientras que en el segundo capítulo se calcula el volumen necesario para satisfacer la demanda de agua potable durante el periodo de diseño del proyecto; en el tercer capítulo se muestra el dimensionamiento del reservorio; en el cuarto, se desarrolla el análisis estructural del reservorio y finalmente en el quinto capítulo se muestran las conclusiones y recomendaciones.

## LISTA DE CUADROS

Cuadro N° 1: Clasificación de acuerdo al sitio y al tipo de suelo .....	21
Cuadro N° 2: Clasificación de acuerdo al sitio y al tipo de suelo. ....	21
Cuadro N° 3: Coordenadas de ubicación del reservorio.....	25
Cuadro N° 4: Población del distrito de Végueta .....	27
Cuadro N° 5: Población de Végueta Villa .....	27
Cuadro N° 6: Clasificación del agua para riego según WILCOX .....	28
Cuadro N° 7: Rango de calidad de las aguas según su dureza.....	28
Cuadro N° 8: Límites máximos tolerables de potabilidad según la Organización Mundial de la Salud.....	28
Cuadro N° 9: Clasificación del agua según PH .....	29
Cuadro N° 10: Clasificación del agua según cloruros, sulfatos.....	29
Cuadro N° 11: Características de los motores de las estaciones de bombeo.....	31
Cuadro N° 12: Características de los motores de las estaciones de bombeo.....	31
Cuadro N° 13: Subestaciones en las estaciones de bombeo en Végueta .....	32
Cuadro N° 14: Estado de conservación de las redes de distribución.....	33
Cuadro N° 15: Periodos de diseño utilizados en proyectos .....	35
Cuadro N° 16: Factores de economía de escala .....	36
Cuadro N° 17: Periodo óptimo de diseño sin déficit .....	36
Cuadro N° 18: Datos para el cálculo de $X^*_1$ .....	37
Cuadro N° 19: Caudales de diseño sin pérdidas en el sistema .....	39
Cuadro N° 20: Información base y parámetros .....	39
Cuadro N° 21: Información de conexiones existentes - año "2012" por categorías. .....	40
Cuadro N° 22: Datos de consumo por conexión según categorías .....	40
Cuadro N° 23: Caudales de diseño con pérdidas en el sistema .....	40
Cuadro N° 24: Proyección de la demanda de agua potable, considerando pérdidas en el sistema .....	41
Cuadro N° 25: Balance oferta-demanda (fuente existente) .....	43
Cuadro N° 26: Balance oferta-demanda (con ampliación de la fuente existente).....	44
Cuadro N° 27: Balance oferta-demanda de almacenamiento de agua potable ..	45
Cuadro N° 28: Características geométricas del reservorio.....	47
Cuadro N° 29: Calculo de fuerzas inerciales, fuerza laterales componente convectiva e impulsiva .....	50
Cuadro N° 30: Parámetros usados para el análisis dinámico.....	50
Cuadro N° 31: Cálculo de momentos producto de las fuerzas sísmicas.....	53
Cuadro N° 32: Cálculo de cortante.....	53

Cuadro N° 33: Cálculo del desplazamiento .....	53
Cuadro N° 34: Datos para el diseño de la cúpula del reservorio .....	56
Cuadro N° 35: Calculo del refuerzo a colocar en la zona de cúpula con espesor de 10cm. ....	57
Cuadro N° 36: Datos para el diseño de la cúpula del reservorio .....	58
Cuadro N° 37: Refuerzo radial (acciones membrana) .....	59
Cuadro N° 38: Clasificación de acuerdo al sitio y al tipo de suelo .....	60
Cuadro N° 39: Clasificación de acuerdo al sitio y al tipo de suelo .....	60
Cuadro N° 40: Datos para el diseño del muro (e=30 cm) del reservorio apoyado .....	61
Cuadro N° 41: Refuerzo Radial (horizontal) en la Cara Exterior (Acciones Membrana).....	62
Cuadro N° 42: Refuerzo Radial (horizontal) en la Cara Interior (Acciones Membrana).....	63

## LISTA DE FIGURAS

Figura N° 1: Espectro de sismo - componente impulsiva. ....	19
Figura N° 2: Espectro de sismo - componente convectiva. ....	19
Figura N° 3: Parámetro $\sqrt[3]{d_c A}$ en función de la separación de barras .....	24
Figura N° 4: Esquema general de la Ampliación y Mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua en Végueta. ....	30
Figura N° 5: Proyección poblacional para Végueta Villa, Bellavista, San Isidro y San Juan.....	38
Figura N° 6: Balance oferta-demanda (fuente existente).....	43
Figura N° 7: Balance oferta-demanda (ampliación de la fuente existente) .....	44
Figura N° 8: Balance oferta-demanda (reservorio existente).....	45
Figura N° 9: Altura económica de reservorios .....	46
Figura N° 10: Geometría del reservorio.....	48
Figura N° 11: Espectro de sismo - componente impulsiva .....	51
Figura N° 12: Espectro de sismo - componente convectiva .....	51
Figura N° 13: Ubicación centro de gravedad Sistema mecánico equivalente.....	51
Figura N° 14: Modelo del reservorio apoyado en SAP2000 .....	54

## LISTA DE SIMBOLOS Y SIGLAS

### SIMBOLOS

$a/c$  : Relación agua/cemento

$A$ : Sección de concreto simétrica con las armaduras de refuerzo

$C_E$ : Espesor de la Cúpula zona central

$C_i$ : Factor de amplificación espectral para el movimiento horizontal componente impulsiva

$C_c$ : Factor de amplificación espectral para el movimiento horizontal componente convectiva

$d_c$ : Espesor del recubrimiento en cm, medido desde el centro de la primera línea de refuerzo

$d$ : Diámetro del reservorio

$D$ : Cargas por Peso Propio, Cargas Muertas

$E_s$  : Módulo de elasticidad del acero

$E$ : Cargas por Sismo

$E_c$ : Modulo de elasticidad del concreto

$f$ : Flecha de la cúpula

$f_s$  : Esfuerzo máximo en el acero de refuerzo

$f_T$  : Esfuerzo máximo de tracción en el concreto

$f_Y$ : Esfuerzo de fluencia del acero

$f'_{dc}$ : Resistencia a compresión de diseño del concreto

$f'_c$ : Resistencia del Concreto

$F$ : Cargas por Presión de Fluidos

$F_C$ : Flecha de diseño para la cúpula

$h$  : Altura o profundidad máxima.

$h_i$ : Altura al centro de gravedad de la componente impulsiva

$h_c$ : Altura al centro de gravedad de la componente convectiva

$H$ : Cargas por Presión de Suelos

$H_L$ : Altura efectiva para el almacenamiento de agua

$H_E$  : Profundidad enterrada

$H_W$  : Altura Total del muro

$H_Z$ : Espesor de Fundación

$I$ : Factor de importancia

$L$ : Cargas Vivas

$L_r$ : Cargas de Techo

$M_w$ : Momento producido por la fuerza inercial del muro

$M_r$ : Momento producido por la fuerza inercial de la cúpula

$M_i$ : Momento producido por la fuerza lateral impulsiva

$M_c$ : Momento producido por la fuerza lateral convectiva

$M_b$ : Momento total en la base

$M_x$ : Momento flector alrededor del eje vertical.

$M_\theta$ : Momento flector alrededor del eje tangencial horizontal.

$n$ : Relación de módulos acero/concreto

$N_\theta$ : Fuerza circunferencial de tracción (por efectos de flexión ó membrana)

$P$ : Peso vertical uniformemente repartido

$P_w$ : Fuerza inercial lateral por aceleración del muro

$P_r$ : Fuerza inercial lateral por aceleración de la cúpula

$P_i$ : Fuerza lateral impulsiva

$P_c$ : Fuerza lateral convectiva

$q_{adm}$ : carga admisible

$Q_p$ : Caudal promedio anual

$Q_{md}$ : Caudal máximo diario

$Q_{mh}$ : Caudal máximo horario

$R$ : Radio del depósito.

$R_{wi}$ : Coeficiente de modificación de respuesta fuerzas impulsivas

$R_{wc}$ : Coeficiente de modificación de respuesta fuerzas convectivas

$s$ : Factor de seguridad

$S$ : Coeficiente representativo de las características del suelo

$t$ : Espesor de la cúpula

$t_e$ : Recubrimiento efectivo

$t_w$ : Espesor de Muros

$T$ : Fuerza de tracción en servicio

$V^*$ : Volado en Fundación

$V$ : Cortante total en la base

$W_{max}$ : Ancho de grieta máximo de Gergely-Lutz

$W_w$ : Peso del muro del reservorio

$W_r$ : Peso de la cupula del reservorio

$W_i$ : Peso equivalente componente impulsiva  
 $W_c$ : Peso equivalente componente convectiva  
 $X_1$ : Periodo óptimo de diseño sin déficit  
 $X^*_1$ : Periodo óptimo de diseño con déficit  
 $X_0$ : Periodo de retraso  
 $Z$ : Factor de zona  
 $\varepsilon_{sh}$ : Acortamiento por fragua  
 $\emptyset$ : Factor de reducción a tracción  
 $\gamma$ : Peso específico del líquido  
 $\rho$ : Cuanía  
 $\rho_{min}$ : Cuanía mínima  
 $\sigma_{x, max}$ : Esfuerzo máximo en dirección vertical por efectos de flexión  
 $\sigma_{\theta, max}$ : Esfuerzo máximo circunferencial por efectos de membrana  
 $\mu$ : Coeficiente de Poisson  
 $\omega$ : Deformación normal a la pared

## SIGLAS

ACI: Instituto Americano del Concreto  
DIGESA: Dirección General de Salud Ambiental  
EMAPA: Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado  
EPS: Empresa Prestadora de Servicios  
INEI: Instituto Nacional de Estadística e Informática  
INRENA: Instituto Nacional de Recursos Naturales  
NTE: Norma Técnica de Edificaciones  
RNE: Reglamento Nacional de Edificaciones  
UNI: Universidad Nacional de Ingeniería  
UTM: Universal Transversal Mercator  
WGS-84: Sistema Geodésico Mundial de 1984

## INTRODUCCION

Los reservorios son estructuras importantes en la ingeniería civil, estos se clasifican como apoyados sobre el suelo, semi-enterrados, enterrados y elevados. Generalmente son concebidos en concreto armado pero también existen de acero.

Dentro de las necesidades básicas necesarias del distrito de Végueta, la más importante es el agua potable, la misma que no satisface a todos los centros poblados de Végueta con la continuidad y calidad del servicio deseada.

Las estructuras del sistema de abastecimiento de agua en Végueta tienen aproximadamente 20 años, se han realizado pequeños mejoramientos y ampliaciones en años recientes pero las estructuras más importantes del sistema como son la captación, conducción, almacenamiento y la distribución no han tenido mejoras significativas a lo largo de este periodo.

La información Topográfica presentada en este informe tiene sus limitaciones ya que ha sido obtenida mediante el uso del Software Google Earth cuyo resultado nos da una superficie preliminar para un adecuado estudio del terreno, se realizó ello debido a las limitaciones en el plazo y el costo para obtener la data.

Es así que las cotas obtenidas mediante este procedimiento, habrá que contrastarlas sobre el lugar de emplazamiento del reservorio.

Debido al aumento demográfico en el distrito de Végueta, también aumentó la demanda de agua por servicios básicos, siendo insuficientes los servicios existentes, por tal motivo urge la necesidad de ampliar y mejorar el sistema de abastecimiento de agua potable. De otro lado, uno de los componentes importantes del sistema de abastecimiento de agua potable es el diseño de la estructura de almacenamiento, la cual garantizará una mejor distribución del agua durante el día.

En su afán de contribuir al desarrollo del país la UNI en convenio con la Municipalidad de Végueta busca desarrollar proyectos con la adecuada dirección técnica; y con ello satisfacer la demanda creciente de agua potable en los centros poblados de Végueta.

El presente informe se fundamenta en la necesidad de realizar el diseño de un reservorio apoyado con el fin de garantizar, en gran parte del día, el servicio de agua potable.

## CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES

### 1.1 ANTECEDENTES

Dentro de las necesidades básicas necesarias del distrito de Végueta, la más importante es el agua potable, la misma que no satisface a todos los centros poblados de Végueta con la continuidad y calidad del servicio deseada.

El actual sistema de abastecimiento de agua potable de Végueta se instaló en 1983 para satisfacer la demanda poblacional existente en ese periodo. Actualmente, Végueta cercado se tiene el servicio de agua potable por 16 horas, es decir no existe continuidad en el servicio: además el suministro es de menos horas ó inexistente en centros poblados a Végueta cercado.

Actualmente, el reservorio principal del distrito de Végueta tiene una capacidad de 300m<sup>3</sup>, el cual es insuficiente para cubrir la demanda actual.

El reservorio principal es un reservorio apoyado circular con una estructura de concreto armado, el cual tiene una altura de 3.8 metros y un diámetro de 10 metros; además, el reservorio cuenta con su respectiva caseta de válvulas y tiene un mantenimiento periódico por parte de la empresa prestadora del servicio.

La municipalidad de Végueta busca ampliar la oferta de agua potable a zonas que no cuentan con un suministro adecuado de agua potable; estas zonas se abastecen por medio de camiones cisterna. La municipalidad tiene el interés de elaborar un proyecto de saneamiento dentro del convenio celebrado entre la UNI y la Municipalidad distrital de Végueta, con el objetivo de brindar agua potable a un menor costo y de mayor calidad a los pobladores que no cuentan con una conexión domiciliaria de agua potable y mejorando el servicio a los que ya cuentan con una conexión domiciliaria.

### 1.2 OBJETIVO DEL INFORME

El objetivo del presente informe de suficiencia es la elaboración del diseño del reservorio apoyado, el cual abastecerá de agua potable a cuatro centros poblados del distrito de Végueta: Végueta Villa, San Isidro, Bellavista, y San Juan Bautista, para así cubrir la demanda actual y futura de agua potable.

### 1.3 MARCO TEORICO

#### 1.3.1 Esfuerzos en la zona de cubierta (cúpula)

En reservorios apoyados se recomienda

$$\frac{1}{10} \leq \frac{f}{D} \leq \frac{1}{8}$$

$f$ : Flecha de la cúpula

$D$ : Diámetro del reservorio

Por lo general la esbeltez de la cúpula  $s/t > 100$ . Un elemento se comporta como una membrana (cascara delgada) sujeta solamente a tracciones en sus planos tangentes. Solamente en los bordes pueden considerarse efectos locales de flexión, se disponen detalles de diseño. Se consideran dos fuerzas membranales por unidad de longitud.

Efectos por peso propio

$$N_{\phi} = -\frac{\rho R}{1 + \cos \phi} \qquad N_{\theta} = -\rho R \left[ \cos \phi - \frac{1}{1 + \cos \phi} \right]$$

Dónde:

$\rho$  = peso vertical uniformemente repartido.

$\gamma$  = peso específico del material.

$t$  = espesor de la cúpula.

Efectos de peso vertical (nieve o sobrecarga)

$$N_{\phi} = -\frac{\rho R}{2} \qquad N_{\theta} = -\frac{\rho R}{2} \cos(2\phi)$$

Efectos de carga vertical sobre la corona

$$N_{\phi} = -\frac{P}{2\pi R[\sin(\phi)]^2} \qquad N_{\theta} = \frac{P}{2\pi R[\sin(\phi)]^2}$$

Espesor mínimo en el domo:

$$t = R \sqrt{\frac{S * q_{adm}}{K E_c}}$$

Dónde:

$S$ = factor de seguridad

$q_{adm}$  = carga admisible (igual o mayor que P)

$K = 0.25$  para domos con  $\frac{R}{t} < 800$  y  $\frac{1}{10} \leq \frac{f}{D} \leq \frac{1}{6}$

$$E_c = 15000\sqrt{f'c}$$

Refuerzo máximo

$$A_s \leq \left\{ \frac{0.6bt f'c}{f_y}; \frac{170bt}{f_y} \right\}$$

$b$  y  $t$  en cm;  $A_s$  en  $\text{cm}^2$

Separación máxima  $S \leq 5t$ , 45 cm

Si existen esfuerzos de tracción que exceden a  $1.1\phi f'c \Rightarrow S \leq 3t$

### 1.3.2 Presiones hidrostáticas

Pared: parámetros de rigidez

$$D = \frac{Et^3}{12(1-\mu^2)} \quad \beta^4 = \frac{Et}{4R^2D} = \frac{3(1-\mu^2)}{R^2t^2}$$

Ecuación diferencial que gobierna la deformación de las paredes cilíndricas por cargas hidrostáticas y por efectos de flexión:

$$\frac{\partial^4 \omega}{\partial x^4} + 4\beta^4 \omega = -\frac{\gamma(h-x)}{D}$$

Donde:

$\omega$  = deformación normal a la pared.

$E$  = módulo de elasticidad.

$t$  = espesor de la pared.

$R$  = radio del deposito.

$\mu$  = coeficiente de Poisson.

$h$  = altura o profundidad máxima.

$\gamma$  = peso específico del líquido.

### 1.3.3 Recomendaciones de diseño ACI

Relación agua/cemento:  $a/c < 0.45$

Cuantía mínima:  $\rho_{min} = 0.003$

Espaciamiento máximo entre varillas de refuerzo: 0.30 m

Recomendable,  $n=9$

Esfuerzo máximo de compresión por flexión:  $0.45 f'c$

Resistencia especificada del concreto mínima:

- a)  $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$ , para exposición normal.
- b)  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , para exposición severa.

Como exposición severa se define el contacto con aguas cloacales.

### 1.3.4 Cargas y esfuerzos de diseño

Variación de  $M_x$  en función de la altura  $x$ :

$$M_x = \frac{2\beta^2 \gamma R^2 D h}{Et} \left[ -f_2 + \left(1 - \frac{1}{\beta h}\right) f_4 \right]$$

$$M_\theta = \mu M_x$$

Donde:

$$f_2 = e^{-\beta x} \sin(\beta x) ; f_4 = e^{-\beta x} \cos(\beta x)$$

$M_x$  = momento flector alrededor del eje vertical.

$M_\theta$  = momento flector alrededor del eje tangencial horizontal.

Momento flector al pie del tanque  $x=0$ .

$$M_x = \left[1 - \frac{1}{\beta h}\right] \frac{2\beta^2 \gamma R^2 D h}{Et}$$

Fuerza circunferencial de tracción (por efectos de flexión)

$$N_\theta = -\frac{Et\omega}{R} = \gamma R h \left[1 - \frac{x}{h} - f_4 - \left(1 - \frac{1}{\beta h}\right) f_2\right]$$

Fuerza circunferencial de tracción (por efectos de membrana)

$$N_\theta = \gamma(h - x)R$$

Esfuerzo máximo en dirección vertical (por efectos de flexión)

$$\sigma_{x, max} = \frac{6M_{x, max}}{t^2} = \frac{\sqrt{3}}{t} \gamma h R$$

Esfuerzo máximo circunferencial (por efectos de membrana)

$$\sigma_{\theta, max} = \frac{N_{\theta, max}}{t} = \frac{\gamma h R}{t}$$

Espesor mínimo de un elemento de concreto armado sometido a tracción.

$$A_c \geq \frac{T}{f_T f_s} [\epsilon_{sh} E_s + f_s - f_T (n - 1)]$$

Dónde:

$T$  = fuerza de tracción en servicio.

$f_s = 984 \text{ kg/cm}^2$  (recomendado)

$f_T = 0.10 f'_c$

$E_s = 2100000 \text{ kg/cm}^2$

$n$  = relación de módulos acero/concreto (recomendado 9)

$\epsilon_{sh}$  = acortamiento por fragua (0.0003 – 0.0005) puede usarse 0.0003

Esfuerzo máximo en el acero de refuerzo:

- $f_s = 0.33 f_y$ , para elementos en tracción pura.
- para elementos en flexión ( $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ ).

$\emptyset$	Exposición	$f_s$ (kg/cm <sup>2</sup> )
3/8", 1/2", 5/8"	Severa	1547
	Normal	1898
3/4", 7/8", 1"	Severa	1266
	Normal	1547

Diseño del refuerzo

$$\begin{array}{cc} \text{En tracción} & \text{En flexión} \\ A_s = \frac{T}{f_s} & A_s = \frac{M}{f_s j d} \quad j = 1 - \frac{k}{3} \approx \frac{7}{8} \end{array}$$

## 1.4 METODOLOGIA DE ANALISIS ESTRUCTURAL

### 1.4.1 Análisis sísmico estático

- Metodología del ACI-350.3-01

Cálculo de la Masa Efectiva, según ACI 350.3-01 sección 9.5.2:

$$\varepsilon = \left[ 0.0151 \left( \frac{D}{H_L} \right)^2 - 0.1908 \left( \frac{D}{H} \right) + 1.021 \right] \leq 1.0$$

$$W_e = \varepsilon W_w + W_r$$

Cálculo de la Masa Efectiva del líquido almacenado, componente impulsiva ( $W_i$ ) y componente convectiva ( $W_c$ ), según ACI 350.3-01 sección 9.3.1:

$$\frac{W_i}{W_L} = \frac{\tanh[0.866(D/H_L)]}{0.866(D/H_L)}$$

$$\frac{W_c}{W_L} = 0.230(D/H_L)\tanh[3.68(H_L/D)]$$

Cálculo de la frecuencia de vibración natural combinada ( $\omega_i$ ) de la estructura y el componente impulsivo del líquido almacenado, según ACI 350.3-01 sección 9.3.4:

$$\omega_i = C_i * \frac{12}{H_L} \sqrt{\frac{E_c}{\rho_c}}$$

$$\omega_i = C_i * \frac{1}{H_L} \sqrt{\frac{10^3 E_c}{\rho_c}} \quad \text{en el SI}$$

$$C_i = C_w * 10 \sqrt{\frac{t_w}{12R}}$$

$$C_i = C_w * \sqrt{\frac{t_w}{10R}} \quad \text{en el SI}$$

$$T_i = \frac{2\pi}{\omega_i}$$

La expresión para hallar el parámetro  $C_w$  en función de las dimensiones del reservorio son las siguientes:

$$C_w = 9.375 * 10^{-2} + 0.2039 \left( \frac{H_L}{D} \right) - 0.1034 * \left( \frac{H_L}{D} \right)^2 - 0.1235 * \left( \frac{H_L}{D} \right)^3 \\ + .1267 \left( \frac{H_L}{D} \right)^4 - 3.186 * 10^{-2} \left( \frac{H_L}{D} \right)^5$$

Cálculo de la frecuencia de vibración de la componente convectiva ( $\omega_c$ ), según ACI 350.3-01 sección 9.3.4:

$$\omega_c = \frac{\lambda}{\sqrt{D}}$$

$$\lambda = \sqrt{3.68 * g * \tanh[3.68(H_L/D)]}$$

$$T_c = \frac{2\pi}{\omega_c} = \left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)\sqrt{D}$$

- Parámetros para el Cálculo de la Fuerza Sísmica, según ACI 350.3-01 sección 4.2 y NTE E-030:

El factor de zona que corresponde a la Zona Sísmica del ACI 350.3 es similar a los valores especificados en la NTE E-030 sección 2.1. Por encontrarse en la zona de mayor amenaza sísmica, se tomará como Zona 3 con una aceleración de 0.40 g (según NTE E-030), lo que equivale a la Zona 4 del ACI 350.3-01.

Como valor para el parámetro del suelo, según la NTE E-030 le corresponde el Tipo S2 con un valor de 1.2, esta vez también el valor es muy similar al propuesto por el ACI 350.3-01.

- La NTE E-030, categoriza a los reservorios como Edificación Esencial (A) al que le corresponde el factor 1.5. Se ve que la NTE E-030 no tiene mayores categorías para reservorios como el ACI 350.3-01, en el que categorizaríamos este modelo en el segundo tipo que corresponde a reservorios destinados a permanecer en uso para propósitos de emergencia en eventos sísmicos. Para este modelo usaremos el valor más alto de 1.5.
- El Coeficiente de Modificación de Respuesta o coeficiente de reducción de fuerza sísmica si usáramos la NTE E-030 tendría un valor de 6, como en el parámetro anterior, vemos que el ACI 350.3-01 entrega valores para distintos tipos de reservorios, y son más restrictivos que la NTE E-030. AL necesitar factores para las componentes impulsiva y convectiva usaremos los valores de  $R_{wi} = 2.75$  y  $R_{wc} = 1.00$  (Tipo b).

- Cálculo de los factores de amplificación espectral  $C_i$  y  $C_c$ , según ACI 350.3-01 sección 4.2:

Para  $T_i \leq 0.31 s$

$$C_i = \frac{2.75}{S}$$

Para  $T_i > 0.31 s$

$$C_i = \frac{1.25}{T_i^{2/3}} \leq \frac{2.75}{S}$$

Para  $T_c \geq 2.4 s$

$$C_c = \frac{6.0}{T_c^2}$$

Para  $T_c < 2.4 s$

$$C_c = 1.5 * \frac{1.25}{T_c^{2/3}} = \frac{1.875}{T_c^{2/3}} \leq \frac{2.75}{S}$$

- Cálculo del desplazamiento máximo del líquido contenido ( $d_{max}$ ), según ACI 350.3-01 sección 7.1:

(a)  $d_{max} = (L/2)(ZSI * C_c)$  rectangular

(b)  $d_{max} = (D/2)(ZSI * C_c)$  circular

- Cálculo de las alturas al centro de gravedad de la ubicación de las componentes impulsivas y convectivas, según ACI 350.3-01 sección 9.3.2:

Para reservorios con  $\frac{D}{H_L} < 1.333$

$$\frac{h_i}{H_L} = 0.5 - 0.09375 \left( \frac{D}{H_L} \right)$$

Para reservorios con  $\frac{D}{H_L} \geq 1.333$

$$\frac{h_i}{H_L} = 0.375$$

En todos los reservorios  $\frac{h_c}{H_L} = 1 - \frac{\cosh\left[3.68\left(\frac{H_L}{D}\right)\right] - 1}{3.68\left(\frac{H_L}{D}\right)\sinh\left[3.68\left(\frac{H_L}{D}\right)\right]}$

- Cálculo de las fuerzas laterales dinámicas, según ACI 350.3-01

Sección 4.1.1:

$$P_w = ZSIC_i * \epsilon \frac{W_w}{R_{wi}}$$

$$P_{w'} = ZSIC_i * \epsilon \frac{W_{w'}}{R_{wi}}$$

$$P_r = ZSIC_i * \epsilon \frac{W_r}{R_{wi}}$$

$$P_i = ZSIC_i * \frac{W_i}{R_{wi}}$$

$$P_c = ZSIC * \frac{W_c}{R_{wc}}$$

### 1.4.2 Análisis dinámico espectral horizontal

Parámetros Iniciales y Formulación de Espectros Inelásticos:

Se tomarán los valores siguientes especificados en el Análisis Estático:

El Espectro de Diseño para evaluar las fuerzas inerciales producidas por el muro componente convectivo + componente impulsivo, quedará de la siguiente manera.

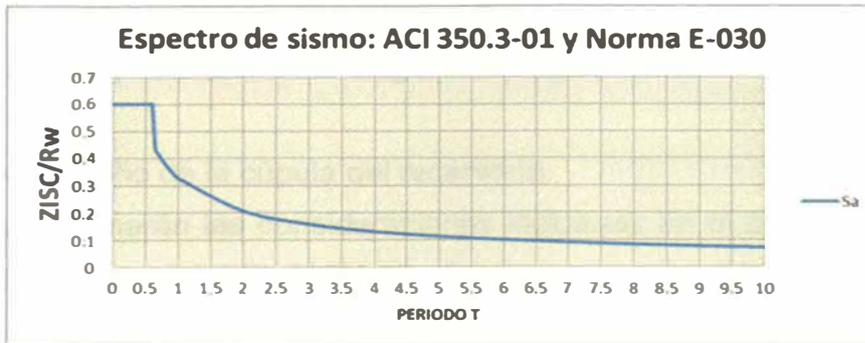


Figura N° 1: Espectro de sismo - componente impulsiva.

El Espectro de Diseño para el Componente Convectivo será el siguiente:

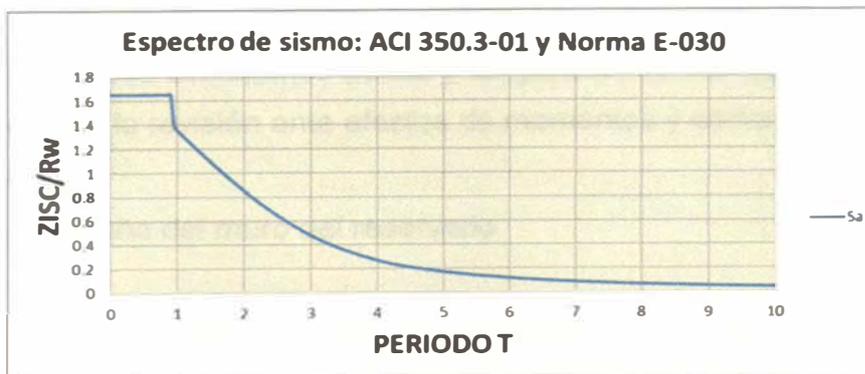


Figura N° 2: Espectro de sismo - componente convectiva.

- Diseño de las partes del reservorio

Factores de Mayoración de Carga y Reducción de Resistencia. Según ACI 350M-01 y ACI 318M-08. De ambos códigos se trabaja con el de reciente publicación, el ACI 318M-08. Asimismo se toman en consideración la Norma Técnica E020. En los anexos se indican las siguientes combinaciones de cargas con los factores de mayoración de carga.

- Los factores de reducción de resistencia

Tensión Controlada = 0.9

Compresión Controlada, miembros con refuerzo en espiral = 0.75

Compresión Controlada, otros tipos de refuerzo = 0.65

Cortante y Torsión = 0.75

Cortante en zonas sísmicas = 0.60

Juntas y reforzamiento diagonal en vigas = 0.85

- Diseño de la cúpula del reservorio.

Se Tomarán las consideraciones indicadas en el capítulo 19: Cáscaras y losas Plegadas del ACI 318M-08. Según la sección 9.2.11, la resistencia de diseño será igual a  $0.40 f_c$ . La cuantía mínima a proporcionar será de acuerdo a la sección 7.12, igual a 0.0018. El Refuerzo se proporcionará para resistir los esfuerzos de tracción. Se verificará el diseño para los esfuerzos asociados a la acción de membrana (esfuerzos normales y cortantes) y los esfuerzos asociados a la flexión (momentos de flexión, torsión y sus cortantes). El refuerzo se proveerá en dos direcciones y en una sola capa.

En ambas direcciones (radial y tangencial) se trabajan con cuantías mínimas. Se realizó la revisión ante efectos de momentos y cortantes.

- Diseño del muro del reservorio

Se tomarán las consideraciones indicadas en el capítulo 21: Estructuras

Resistentes a Fuerzas Sísmicas del ACI 318M-08. Según la tabla 1613.5.2 de la Norma IBC 2006, clasificamos el sitio en la categoría "D", y de acuerdo a la tabla R21.1.1 del capítulo 21 del ACI 318-M-08, debemos cumplir con la sección 21.9

Cuadro N° 1: Clasificación de acuerdo al sitio y al tipo de suelo

TABLE 1613.5.2 SITE CLASS DEFINITIONS				
SITE CLASS	SOIL PROFILE NAME	AVERAGE PROPERTIES IN TP 100 feet, SEE SECTION 1613.5.5		
		Soil shear wave velocity $V_s$ , (ft/s)	Standard penetration resistance, $\bar{N}$	Soil undrained shear strength, $S_u$ , (psf)
A	Hard rock	$V_s > 5,000$	N/A	N/A
B	Rock	$2,500 < V_s \leq 5,000$	N/A	N/A
C	Very dense soil and soft rock	$1,200 < V_s \leq 2,500$	$\bar{N} > 50$	$S_u \geq 2,000$
D	Stiff soil profile	$600 \leq V_s \leq 1,200$	$15 \leq \bar{N} \leq 50$	$1,000 \leq S_u \leq 2,000$
E	Soft soil profile	$V_s < 600$	$\bar{N} < 15$	$S_u < 1,000$
E	—	Any profile with more than 10 feet of soil having the following characteristics: 1. Plasticity index $PI > 20$ 2. Moisture content $w \geq 40\%$ , and 3. Undrained shear strength $S_u < 500$ psf		
F	—	Any profile containing soils having one or more of the following characteristics: 1. Soils vulnerable to potential failure or collapse under seismic loading such as liquefiable soils, quick and highly sensitive clays, collapsible weakly cemented soils. 2. Peats and/or highly organic clays ( $H > 10$ feet of peat and/or highly organic clay where $H$ =thickness of soil) 3. Very high plasticity clays ( $H > 25$ feet with plasticity index $PI > 75$ ) 4. Very Thick soft/medium stiff clays ( $H > 120$ feet)		

For SI: 1 foot=304.8, 1 square foot=0.0929m<sup>2</sup>, 1 pound per square foot = 0.0479 Kpa. N/A=Not applicable

Fuente: ACI 350.3-01

Cuadro N° 2: Clasificación de acuerdo al sitio y al tipo de suelo.

TABLE R21.1.1: SECTIONS OF CHAPTER 21 TO BE SATISFIED IN TYPICAL APPLICATIONS*				
Component resisting earthquake effect, unless otherwise noted	Seismic Design Category			
	A (none)	B (21.1.1.4)	C (21.1.1.5)	D,E,F (21.1.1.6)
Analysis and design requirements	None	21.1.2	21.1.2	21.1.2,21.1.3
Materials		None	None	21.1.4-21.1.7
Frame members		21.2	21.3	21.5,21.6,21.7, 21.8
Structural walls and coupling beams		None	None	21.9
Precast structural walls		None	21.4	21.4, 21.10
Structural diaphragms and trusses		None	None	21.11
Foundations		None	None	2.12
Frame members not proportioned to resist forces induced by earthquake motions		None	None	21.13
Anchors		None	21.18	21.18
*In addition to requirements of chapter 1 through 19, except as modified by Chapter 21. Section 22.10 also applies in SDC D,E, and F. As permitted by the legally adopted general building code of which this code forms a part.				

Fuente: ACI 350.3-01

El muro de un reservorio trabaja para resistir esfuerzos de membrana en la dirección radial, en la dirección tangencial será más importante los efectos que producen los momentos y cortantes. El diseño está dado tanto para la cara exterior y la interior.

- Ancho de las fisuras

El máximo ancho de fisura se puede estimar multiplicando la máxima separación de las fisuras (cuatro veces el recubrimiento de hormigón) para elevada tensión en el acero por la deformación media en la armadura. Si se consideran miembros traccionados con más de una barra de armadura, el verdadero recubrimiento de hormigón no es la variable más adecuada. En lugar del recubrimiento real se usa un recubrimiento efectivo  $t_e$ . El recubrimiento  $t_e$  se define como una función de las armaduras, así como del recubrimiento de hormigón medido hasta el centro de las barras. Cuanto mayor sea la separación de las armaduras, mayor será el ancho de las fisuras. Esto se traduce como un mayor recubrimiento efectivo. En base a los trabajos de Broms y Lutz, el recubrimiento efectivo de hormigón es:

$$t_e = d_c \sqrt{1 + \left(\frac{s}{4d_c}\right)^2}$$

Donde  $d_c$  = distancia entre el centro de una barra y la fibra extrema comprimida, (pulg); y  $s$  = separación de las barras (pulg). La variable  $t_e$  es similar a la variable  $\sqrt[3]{d_c * A}$  usada en las expresiones de Gergely-Lutz para ancho de fisura en miembros flexionados.

Donde  $A$  = sección de hormigón simétrica con las armaduras dividido por el número de barras (pulg<sup>2</sup>). Usando  $t_e$  es posible expresar el ancho máximo de fisura de manera similar a la expresión de Gergely-Lutz. Debido a la mayor variabilidad del ancho de fisura en los miembros traccionados, se anticipa que el máximo ancho de fisura en tracción directa será mayor que el máximo ancho de fisura en flexión para una misma tensión en el acero.

El mayor ancho de fisura en los miembros traccionados se puede deber a la falta de restricción, que en los miembros flexionados es provista por la zona comprimida. En un miembro flexionado el gradiente de tensión provoca que las fisuras se inicien en las ubicaciones de mayor tensión y que se desarrollen más gradualmente que en un miembro traccionado, en el cual la tensión es

constante. La expresión desarrollada por Broms y Lutz para determinar el máximo ancho de fisura en tracción es:

$$W_{max} = 4\varepsilon_s t_e = 0.138 f_s t_e * 10^{-3}$$

Usando la definición de  $t_e$  dada en la ecuación para el cálculo de  $t_e$ ,  $W_{max}$  se puede expresar como:

$$W_{max} = 0.138 f_s d_c \sqrt{1 + \left(\frac{s}{4d_c}\right)^2} * 10^{-3}$$

El parámetro  $\sqrt[3]{d_c * A}$  para una sola capa de armadura es  $d_c \sqrt[3]{2s/d_c}$ , que es aproximadamente igual a  $1.35 d_c \sqrt{1 + (s/4d_c)^2}$  para  $s/d_c$  entre 1 y 2. De este modo, para la fisuración por tracción.

$$W_{max} = 0.10 f_s \sqrt[3]{d_c A} * 10^{-3}$$

La Ecuación se puede usar para predecir el máximo ancho de fisura probable en miembros traccionados completamente fisurados. Como en el caso de los miembros flexionados, el ancho máximo de fisura tiene gran variabilidad. Se debería anticipar que el ancho máximo de fisura será 30 por ciento mayor o menor que el valor obtenido de la ecuación anterior. La expresión para el ancho máximo de fisura en flexión en este caso es:

$$W_{max} = 0.076 \beta f_s \sqrt[3]{d_c A} * 10^{-3}$$

En la cual  $\beta$  = relación entre la distancia entre el eje neutro y la cara traccionada y la distancia entre el eje neutro y el baricentro del acero de las armaduras  $\approx 1.20$  en vigas, se puede usar para comparar los anchos de fisura obtenidos en flexión y tracción. Usando un valor de  $\beta = 1.20$  el coeficiente  $0.076 \beta$  de la ecuación anterior se convierte en  $0.91$  mientras que en la ecuación inicial hay un coeficiente de  $0.10$  para fisuras por tracción. Esto indica que, para la misma sección y tensión del acero  $f_s$ , la fisura por tracción más grande será alrededor de 10 por ciento mayor que la fisura más grande por flexión. En ACI 318 la expresión correspondiente a un ancho de fisura por flexión de la ecuación anterior con  $\beta = 1.2$  es la siguiente:

$$Z = f_s \sqrt[3]{d_c A}$$

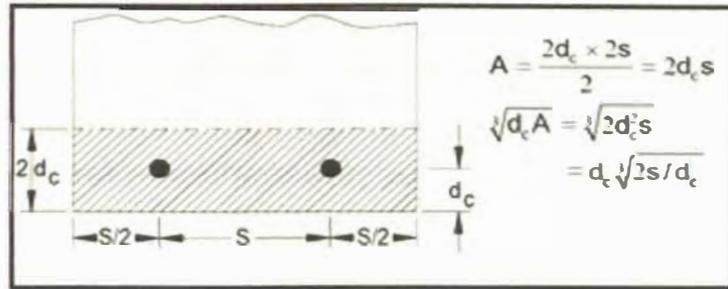


Figura N° 3: Parámetro  $\sqrt[3]{d_c A}$  en función de la separación de barras

Para exposición interior se permite un valor máximo de  $z = 175$  kips/in. (30.6 MN/m), que corresponde a un ancho de fisura limitante de 0.016 in. (0.41 mm). Para exposición exterior ACI 318 limita el valor de  $z$  a 145 kips/in. (25.4 MN/m), que corresponde a un ancho de fisura de 0.013 in. (0.33 mm). Para obtener anchos de fisura similares en miembros traccionados, los valores de  $z$  igual a 145 kips/in y 175 kips/in correspondientes a miembros flexionados se deben multiplicar por la relación de coeficientes de las ecuaciones (igual a 0.91). Usando la misma definición de  $z$  tanto para miembros traccionados como para miembros flexionados, para miembros traccionados se obtienen valores de  $z$  de 132 kips/in y 160 kips/in, respectivamente.

### Control de Fisuramiento

#### Evaluación del ancho de las grietas

Para evaluar el ancho de las grietas se puede usar la expresión Gergely - Lutz

$$W_{max} = 0.1086 * 10^{-4} * \beta * f_s^3 \sqrt[3]{d_c A}$$

Donde:

$W_{max}$  : ancho de la grieta en mm.

$\beta = \frac{h-c}{d-c}$ ; Relación de distancias al eje neutro a partir de la fibra externa en tracción y del centroide del refuerzo principal, puede considerarse 1.20 para vigas y 1.35 para losas.

$f_s$  : esfuerzo máximo en kg-f/cm<sup>2</sup>, en el acero a nivel de carga de servicio puede usarse 0.6  $f_y$ , si no se dispone de resultados de análisis.

El fisuramiento de las estructuras depende de una serie de variables, no solo aspectos de diseño, sino también calidad de los materiales constituyentes del concreto y los procedimientos constructivos que se utilicen.

El ancho de grieta está relacionado al esfuerzo de trabajo del acero, sin embargo otros factores como el espesor del recubrimiento y la distribución del acero en las zonas de máxima tensión son importantes en el control del agrietamiento.

“Es preferible tener la mayor cantidad de varillas a poco espaciamiento, a tener pocas varillas con gran espaciamiento”

Desde el punto de vista de darle protección al acero de refuerzo, es preferible tener un ancho de grieta menor o igual a 0.20mm.

Para el control del fisuramiento se usará la expresión de Gergely - Lutz

## 1.5 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE VEGUETA

### 1.5.1 Ubicación del proyecto

El proyecto se realizará en la zona de influencia del estudio, el mismo que se viene desarrollando en el Distrito de Végueta – Provincia de Huaura – Departamento de Lima. El reservorio proyectado se ubica en la zona sureste de Vegueta cercado, las coordenadas de ubicación del centro del reservorio en sistema WGS-84 son las siguientes:

Cuadro N° 3: Coordenadas de ubicación del reservorio

COORDENADAS UTM		ALTIMETRIA (msnm)
ESTE	NORTE	COTA
211699.498	8779903.697	71.71

La cota de fondo del reservorio de ubica a 71.71 msnm y el nivel máximo de agua está a 76.71 msnm.

El reservorio se ubica en la zona de mayor cota de Vegueta cercado y es una posición estratégica para la distribución del agua potable por gravedad hacia los centros poblados donde hay déficit de agua potable.

Los límites del distrito son: Por el Norte, con Supe pueblo – Provincia de Barranca; por el Sur y Este, con el distrito de Huaura – Provincia de Huaura y por el Oeste con el Océano Pacífico.

### 1.5.2 Ubicación de la zona de influencia del estudio

El presente estudio se realizará con la finalidad de cubrir la demanda de agua potable en: 1) Végueta Villa; 2) Centro Poblado Rural Bellavista; 3) Centro Poblado Rural San Isidro; y 4) Centro Poblado Rural San Juan Bautista, pertenecientes al Distrito de Végueta – Provincia de Huaura.

### 1.5.3 Condición climática y altitud

El clima dominante en la región del valle Bajo de Huaura pertenece al subtropical desértico. Sin embargo, la ubicación geográfica de tal tipo de clima en esta región no coincide exactamente con la que normalmente le corresponde, debido a la acción modificadora de la corriente del Humboldt, de aguas muy frías, que afecta a la temperatura de la faja costera, hasta unos 20 kilómetros tierra adentro y hasta unos 500 m de altura sobre el nivel del mar.

En esta faja prevalecen cielos nublados casi constantes con alta humedad relativa durante los meses de junio a setiembre; además la corriente del Humboldt afecta la dirección dominante de los vientos, los cuales corren de Sur Oeste a Nor Este y alcanzan velocidades mayores que en las pampas. La velocidad del viento durante el día varía de calma completa hasta unos 14.4 km/h a media mañana; hacia el mediodía alcanza velocidades de hasta 20 km/h e incluso ocurren periodos frecuentes que llegan hasta unos 50 km/h o más. Mediante observaciones en la zona de las dunas, se ha comprobado que las dunas grandes avanzan unos 13 cm diarios y las pequeñas llegan a alcanzar hasta 32 cm por día. Desde el punto de vista agrícola, el factor más importante sobre el cual influye la persistente nubosidad en la zona, es el de la irradiación solar. La nubosidad reduce considerablemente el fotoperiodo y su consecuencia debe ser la prolongación del período vegetativo de los cultivos que se practiquen cerca de la costa, en comparación con los que se hagan tierra adentro. Además, la alta humedad relativa puede ser responsable de una mayor incidencia de las enfermedades fungosas, así como de una menor transpiración de las plantas y menor evaporación.

La precipitación pluvial en la zona es casi nula, ya que sólo asciende a unos 10 mm anuales. Las temperaturas medias son de unos 17 °C durante el invierno y de unos 24 °C en el verano, coincidiendo el período más frío (junio a octubre) con la menor irradiación solar en esta faja costera.

#### 1.5.4 Población

El distrito de Végueta, según el último censo del INEI del 2007, como se observa en el Cuadro N° 4, tuvo una población de 18,265 habitantes.

Cuadro N° 4: Población del distrito de Végueta

Año	1972	1981	1993	2007
Población (hab)	8,407	10,198	12,806	18,265

Fuente: INEI

El centro de Végueta, también conocido como Villa Végueta, según los últimos censos del INEI, tuvo los siguientes registros que se muestran en el cuadro N°5.

Cuadro N° 5: Población de Végueta Villa

Año	1972	1981	1993	2007
Población (hab)	2,211	2,405	3,342	4,152

Fuente: INEI

#### 1.5.5 Densidad poblacional

La densidad poblacional en el distrito de Végueta es de 4.35 habitantes por vivienda, según el cálculo realizado con los datos censales del INEI.

#### 1.5.6 Tasa de crecimiento

Para la determinación de la tasa se utilizó el método de crecimiento geométrico, que fue el que más se ajustó a la curva de crecimiento actual de la provincia de Huaura. Obteniéndose un valor de 1.598% de crecimiento anual.

#### 1.5.7 Evaluación de la calidad del agua

El Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA) realizó en el año 2005 un "INVENTARIO Y MONITOREO DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL VALLE HUAURA". Asimismo la EPS EMAPA HUACHO S.A. ha proporcionado información referida a ensayos de calidad del agua potable de los distintos componentes del sistema de agua potable en la localidad de Végueta.

Del inventario y monitoreo de las aguas subterráneas en el valle Huaura se obtuvieron los siguientes resultados, con respecto a la calidad del agua:

La conductividad eléctrica fluctúa entre 0.38 – 1.32 mmhos/cm, valores que corresponden a aguas de mediana mineralización (agua dulce). Del Cuadro N° 06, se puede decir que el agua es apta para el riego.

Cuadro N° 6: Clasificación del agua para riego según WILCOX

CALIDAD DEL AGUA	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (mmhos/cm)
Excelente	< 0.25
Buena	0.25 - 0.75
Permisible	0.75 - 2.00
Dudosa	2.00 - 3.00
Inadecuada	> 3.00

Fuente: INRENA

La dureza fluctúa entre 251.50 – 595.19 ppm de CaCO<sub>3</sub>. De los cuadros N° 07 y N° 08 se puede decir que el agua varía entre dura y muy dura, además, cumple con los límites máximos tolerables de potabilidad.

Cuadro N° 7: Rango de calidad de las aguas según su dureza

CLASIFICACIÓN	PPM DE CaCO <sub>3</sub>
Agua muy blanda	<30
Agua blanda	30-150
Agua dura	150-300
Agua muy dura	>300

Fuente: INRENA

Cuadro N° 8: Límites máximos tolerables de potabilidad según la Organización Mundial de la Salud

ELEMENTO	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
PH	7-8.50
Dureza (mg/l)	250 - 500
Ca (mg/l)	75 - 200
Mg (mg/l)	125
Na (mg/l)	120
Cl (mg/l)	250
SO <sub>4</sub> (mg/l)	250

Fuente: INRENA

El PH de las aguas varía de ácidas a alcalinas, habiéndose obtenido valores entre 6.00 y 7.58. Del cuadro N° 09 se puede decir que aguas varían de ligeramente ácidas a ligeramente alcalinas.

Cuadro N° 9: Clasificación del agua según PH

PH	CLASIFICACIÓN
P=7	Neutra
PH<7	Agua ácida
PH>7	Agua alcalina

Fuente: INRENA

En el cuadro N° 10 se muestran los resultados de niveles de concentración de los iones cloruro, sulfato y magnesio.

Cuadro N° 10: Clasificación del agua según cloruros, sulfatos

ELEMENTO	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	RESULTADOS OBTENIDOS
Cl (mg/l)	250	29.47 - 108.63
SO <sub>4</sub> (mg/l)	250	148 - 626.4
Na (mg/l)	120	0.72 - 27.12

Fuente: INRENA

Se observa que algunas concentraciones de sulfatos están por encima de los límites máximos permisibles, se mitiga su efecto con un tratamiento adecuado.

### 1.5.8 Estado actual del sistema de agua potable

El centro poblado de Végueta Villa, se abastece por galerías filtrantes que se ubican en la zona noroeste de la ciudad, conocida como Las Lagunas, en un área que corresponde a una zona agrícola; a una profundidad de 1.20 metros se encuentra el nivel freático; para la captación se encuentra instalado una red de tuberías perforadas, que se interconectan a buzones de reunión los que trasladan las aguas hasta una cisterna de 65m<sup>3</sup> que se encuentra en la Estación de Bombeo N° 01, la producción del agua que descarga las 24 horas es de 12 lt/s.

Las galerías están conformadas por 150 metros de tubería de concreto simple normalizado de 12" (300 mm) con perforaciones de 3/4" en su periferia, instalados a 2.00 metros de profundidad que capta las aguas subterráneas y la conducen a

la cisterna. Végueta tiene 2 estaciones de bombeo, Las Lagunas y Primavera, y la estación de rebombeo de San Isidro

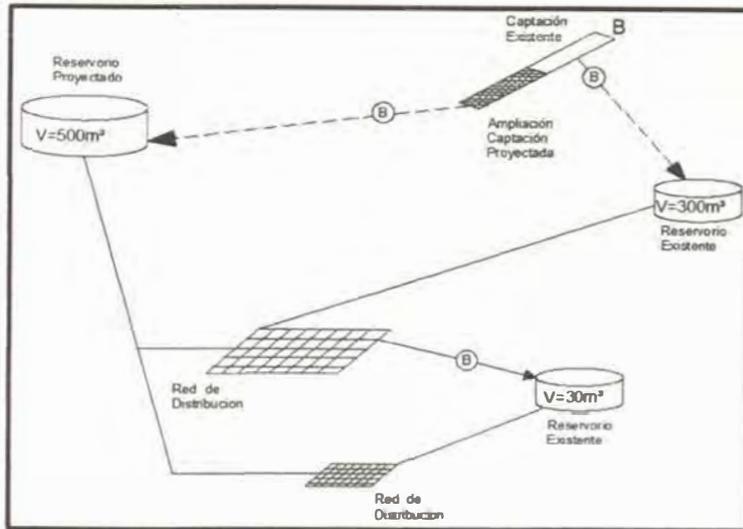


Figura N° 4: Esquema general de la Ampliación y Mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua potable en Végueta.

- Estación principal de bombeo

La construcción, tiene un sistema de cloración adyacente en un compartimiento independiente y la oficina del operador también independiente de material noble. Las instalaciones están pintadas y en perfecto estado de conservación. La estructura de albañilería y techo de concreto aligerado, cuenta con ducto para el montaje y desmontaje de los equipos de bombeo.

- Motores y Bombas

El tablero de control eléctrico es marca Manelsa, tipo estrella triángulo, de 220 V, 110A y horómetro Siemens. Ambos equipos se encuentran operativos desde Agosto de 1993 y en conjunto trabajan un promedio efectivo de 8.33 horas/día. Cada equipo de Bombeo cuenta con su árbol hidráulico conformado por una válvula de compuerta y una válvula check automática marca CLAVAL de 6" de diámetro, así como también la línea de impulsión dentro de la caseta cuenta con una válvula de alivio de 3" marca Bermad y un medidor de caudal marca McCrometer.

Cuadro N° 11: Características de los motores de las estaciones de bombeo

Fuente	Marca	Pot. (HP)	Veloc. (RPM)	Voltaje de funcionamiento (V)	Corriente de funcionamiento (A)
Las Lagunas	Delcrosa	48	1760	220	122
Primavera	Delcrosa	25	1750	220	63
San Isidro	WEG	5.7	3460	220	13

Fuente: Consultoría Miguel Lipa

Cuadro N° 12: Características de los equipos en las estaciones de bombeo

Fuente	Marca	Tipo	Modelo
Las Lagunas	Hidrostral	Centrifuga	
Primavera	Hidrostral	Turbina eje vertical	8GL-14
San Isidro	Hidrostral	Centrifuga	1 ½ x2.5.7 T

Fuente: Consultoría Miguel Lipa

En cada estación de bombeo y rebombeo en Végueta, hay una puesta de tierra para la protección de la corriente de los tableros y uno para la protección de la sub-estación. Las resistencias de las puestas de tierra de todas las estaciones de bombeo luego se ser evaluadas por la empresa SUM CANADA con teluometro del tipo SEW STANDARD, en todos los casos los resultados fueron aceptables. Cada estación de bombeo y de rebombeo (sin contar con San Isidro), hay un transformador que regula el voltaje de las líneas de tensión para el consumo de los equipos del sistema de bombeo.

Cuadro N° 13: Subestaciones en las estaciones de bombeo en Végueta

Fuente	Potencia del Motor (HP)	Potencia del Motor (kW)**	Cálculo mínimo de potencia (kVA)	Tamaño del transformador (kVA)	Tamaño del transformador útil (A)*	Estado del transformador (kVA)
Las Lagunas	5	3.7	4.11	NA***	NA***	NA***
Primavera	48	35.8	39.74	50	40	Adecuado
San Isidro	25	18.6	20.64	50	40	Adecuado

Fuente: Consultoría Miguel Lipa

\*\* Conversión de potencia de HP en kW.

\*\*\* No Aplicable.

- Línea de Impulsión

La línea de impulsión es de Asbesto Cemento de 6" de diámetro y de 470 m. de longitud se empalma con el reservorio existente de 300 m<sup>3</sup>.

- Equipo de cloración

El tipo de desinfección es de inyección al vacío. La caseta de cloración, esta implementada con los siguientes equipos, los cuales se encuentran en buen estado operativo.

-Clorador, ECONOMETRIC, serie 4000 rango de trabajo 0 – 25 Lb/día.

-Bomba reforzadora (Booster) de 1 HP, marca STARRITE.

-01 Manómetro.

-Balón de Cloro Gas de 150 Lb.

-Balanza marca INCALVE, modelo CIV 4289, capacidad de 500 Kg.

-01 válvula reguladora a la salida de los balones de gas cloro.

-01 eyector. Tubería de Vacío.

- Estructura de almacenamiento (reservorio de 300m<sup>3</sup>)

El reservorio de Végueta – Villa tiene una capacidad de 300m<sup>3</sup> y está ubicado en un cerro, con una cota 45 msnm, trabaja como reservorio de cabecera. Es de forma cilíndrica, apoyado, de concreto armado y tiene una antigüedad de 20 años.

Este reservorio es alimentado mediante la línea de impulsión de 6" desde la cisterna enterrada de 65 m<sup>3</sup> ubicado en la estación de bombeo Las Lagunas, en la zona baja de Végueta.

- Estación de rebombeo en Végueta

Ubicado en una de las aceras laterales de la vía de ingreso a Végueta, frente al Colegio de Végueta C.E.T.I.C. Fray Melchor Aponte y la Posta Médica, cuenta con una cisterna que es abastecida por gravedad por el reservorio principal ubicado en la parte alta de la ciudad de Végueta, se alimenta de la línea de la red principal que abastece a la ciudad.

Consiste en una estructura de concreto armado conformado por una cisterna enterrada, sobre ella se ubica una pequeña electrobomba, que impulsa las aguas al sector de San Isidro, por determinadas horas, no cuenta con mayor equipamiento para esta labor y se encuentra deteriorada, con fugas en las válvulas y conexiones que en su mayoría son de Acero Galvanizado y PVC.

- Redes de distribución de agua potable en Végueta

La distribución del agua potable tiene buenas condiciones hidráulicas y se efectúa mediante una línea de aducción de asbesto cemento de 10" de diámetro con una longitud de 230 ml. Con red de distribución de tuberías de 4" que tienen a una longitud de 1,423 m. las cuales son de asbesto cemento y tienen una antigüedad de 20 años, además existen 158.20 ml. de PVC del mismo diámetro. Las abrazaderas de las conexiones domiciliarias de agua requieren constante reparación por roturas debidas a la concentración de sales que contiene el terreno. Las válvulas de compuerta se encuentran trabadas por falta de mantenimiento. Se desconoce la ubicación de las válvulas por no contar con un plano esquineros. Carecen de un adecuado stock de tuberías, accesorios y válvulas para reparaciones de emergencia.

Cuadro N° 14: Estado de conservación de las redes de distribución

Diámetro (pulg.)	Metrado (m)			Material
	Regular	Malo	Total	
4	0	0	0	F°F°
	490	940	1,430	AC
	0	0	158	PVC
6	0	45	45	F°F°
	0	0	0	AC
	0	0	0	PVC
<b>Total</b>	<b>490</b>	<b>985</b>	<b>1,633</b>	

Fuente: Consultoría Miguel Lipa

## CAPITULO II: CÁLCULO DEL VOLUMEN DEL RESERVORIO

### 2.1 DATOS BASICOS DE DISEÑO PARA EL ESTUDIO

Para el cálculo básico de diseño se ha tomado en cuenta la información del INEI, lo proporcionado por EMAPA HUACHO S.A, Municipalidad Distrital de Végueta, así como las metodologías de cálculo que recomiendan el Reglamento Nacional de Edificaciones, el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, y la Dirección General de Salud Ambiental-Ministerio de Salud.

#### 2.1.1 Periodo de diseño

##### a) Definición:

En una obra de ingeniería civil, es el número de años durante los cuales una obra determinada prestará el servicio para la cual fue diseñada. Puede definirse también como el tiempo para el cual el sistema será 100% eficiente, ya sea por la capacidad en la conducción del caudal deseado o por la existencia física de las instalaciones.

##### b) Selección del periodo de diseño

- Reglamento Nacional de Edificaciones RNE

Para proyectos de poblaciones o ciudades, así como para proyectos de mejoramiento y/o ampliación de servicios en asentamientos existentes, el periodo de diseño será fijado por el proyectista utilizando un procedimiento que garantice los periodos óptimos para cada componente de los sistemas.

- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento

##### Periodos recomendables de las etapas constructivas

-Para poblaciones de 2,000 hasta 20,000 habitantes se considerará de 15 años.

-Para poblaciones de 20,000 a más habitantes se considerara de 10 años.

-Los plazos se justificarán de acuerdo con la realidad económica de las localidades.

- Dirección General de Salud Ambiental

Los periodos de diseño se determinarán considerando los siguientes factores:

- Vida útil de las estructuras de concreto y de los equipos electromecánicos.
- Facilidad o dificultad para hacer ampliaciones.
- Crecimiento y/o decrecimiento poblacional.
- Capacidad económica para la ejecución de las obras.

Para el diseño se tomará en cuenta los siguientes valores:

- Obras de captación.....= 20 a 30 años
- Pozos.....= 20 a 30 años
- Plantas de tratamiento, reservorios.....= 20 a 30 años
- Tuberías de conducción y de distribución.....= 20 a 30 años
- Equipo de bombeo .....=5 a 10 años

- Referencias sobre valores utilizados en proyectos

Cuadro N° 15: Periodos de diseño utilizados en proyectos

Tipo de estructura	Periodo de diseño
-Fuentes subterráneas	20 a 30 años
-Estación de bombeo:	
Bombas y motores	10 a 15 años
Instalaciones y edificios	20 a 25 años
-Estanques de almacenamiento	
De concreto	30 a 40 años
Metálicos	20 a 30 años

Fuente: "Abastecimiento de agua", Simón Arocha Ravelo.

c) Periodo óptimo de diseño

Criterios económicos en los que se prioriza la inversión y se minimizan las capacidades ociosas, seleccionando el periodo óptimo según la ingeniería del proyecto y el tipo de servicio.

Se efectúa con el criterio de sensibilidad económica. Utiliza la economía de escala, siendo la ecuación de costos:

$$C=KT^a$$

C=Costo del elemento

K=Factor de ajuste que depende de las características del insumo de la obra.

T=Tamaño del elemento

En tuberías..... diámetro

En reservorios..... volumen

$\alpha$ =Factor de economía de escala

Cuadro N° 16: Factores de economía de escala

Obra	Factor de economía de escala $\alpha$
Captación	0.2
Lineas de conducción, aducción e impulsión	0.4
Planta de tratamiento	0.7
Reservorios	0.6
Redes hidráulicas	0.3
Redes de alcantarrillado	0.4

Fuente: Hernán Alean Suarez-Universidad de Los Andes

-Periodo óptimo de diseño sin déficit  $X_1$

$$X_1 = \frac{2.6 * (1 - \alpha)^{1.12}}{r}$$

Donde:

$\alpha$  = Factor de economía de escala

r =Tasa de interés anual, costo de oportunidad de capital a valores reales.

Cuadro N° 17: Periodo óptimo de diseño sin déficit

Estructura	$\alpha$	Costo aprox. \$	%Costo	$X_1$ Años	Ponderado Años
Captación	0.2	60000	16%	17	2.72
Linea de impulsión	0.4	132400	36%	12	4.35
Reservorio	0.6	180000	48%	8	3.75
<b>Total</b>		<b>372400</b>	<b>100%</b>		<b>10.82</b>

Fuente: Elaboración propia

Periodo óptimo de diseño sin déficit  $X_1= 10.82$  años.

Se puede adoptar  $X_1= 10$  años

Periodo óptimo de diseño con déficit  $X^*_1$

$$X^*_1 = \frac{2.6 * (1 - \alpha)^{1.12}}{r} + \frac{0.3 * (1 - \alpha) * X_0^{0.85}}{r^{0.5}}$$

Donde:

$\alpha$  = Factor de economía de escala

$r$  = Tasa de interés anual, costo de oportunidad de capital a valores reales.

$X_0$ =Periodo de retraso, intercepto de la demanda con el eje de abscisas (periodo transcurrido para la demanda=0)

Cuadro N° 18: Datos para el cálculo de  $X^*_1$

Población actual año 2012	7,621	hab
Dotación	150	l/hab/dia
$\alpha$	0.7	
$r$	7%	Anual
Demanda creciente anual	21,450	l/dia/año
Demanda actual:	1,143,150	l/dia
$X_0$	53.3	Años

Fuente: Elaboración propia

Periodo óptimo de diseño con déficit  $X^*_1 = 20$  años

Se puede adoptar  $X^*_1 = 20$  años

Tomando en cuenta las características socioeconómicas, tamaño de la población, tipo de obras, se elige como periodo de diseño 20 años.

### 2.1.2 Horizonte del proyecto

El periodo de análisis se extiende hasta el año 2033, asimismo se tiene como momento de inversión inicial, el año 2013 (año 0 del proyecto), e inicio de la operación el año 2014.

### 2.1.3 Población de diseño

#### a) Cobertura de servicio

La ciudad de Vegueta, a la fecha cuenta con una cobertura de servicio de agua potable del 48%, existiendo expansiones demográficas en la periferia de la ciudad, que no cuentan con redes de distribución.

Para los centros poblados del proyecto tenemos lo siguiente:

- Número de lotes con servicio : 48% = 841 lotes
- Número de lotes sin servicio : 52% = 911 lotes
- Densidad de población/lote : 4.35 hab / lote
- Población actual : 7,621 hab
- Tasa de crecimiento poblacional : 1.598% anual
- Población futura : 10,631 hab

#### b) Proyección de la población

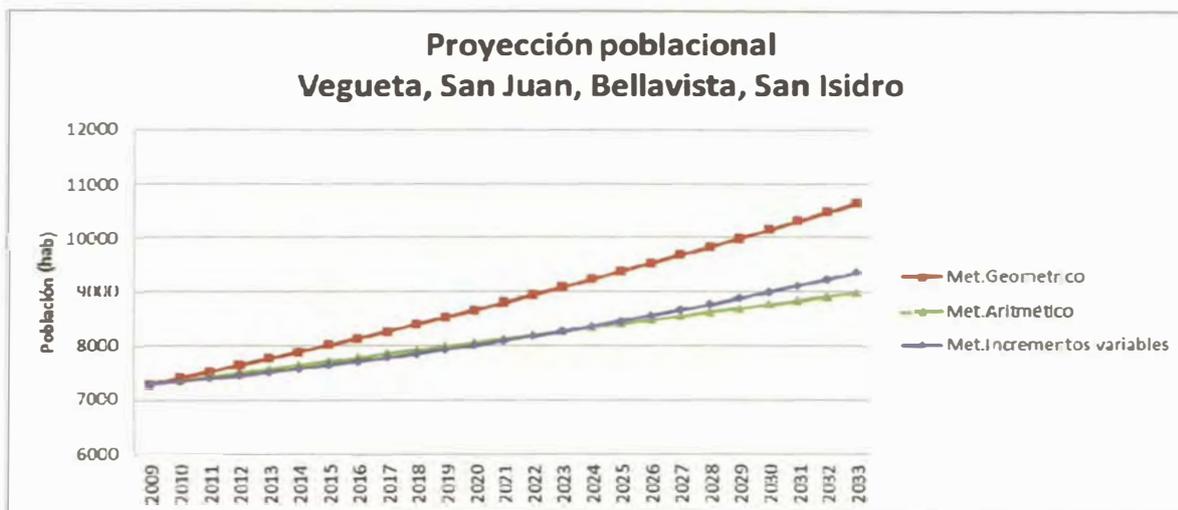


Figura N° 5: Proyección poblacional para Végueta Villa, Bellavista, San Isidro y San Juan

#### c) Parámetros de diseño

- Población de diseño : 10,631 hab
- Dotación : 150 lts/hab/día
- Cobertura de servicio : 100%

#### d) Coeficientes de variación de consumo

- Coeficiente de variación máx. diario : K1= 1.3
- Coeficiente de variación máx. horario : K2= 1.8

- e) Caudales de diseño
- Caudal promedio anual : Qp
  - Caudal máximo diario : Qmd
  - Caudal máximo horario : Qmh
  - Caudal máx.contrib. al desague : 80% Qmh

Cuadro N° 19: Caudales de diseño sin pérdidas en el sistema

Año	Población (hab)	Qp (Lps)	Qmd (Lps)	Qmh (Lps)
2013	7,743	13.44	17.47	24.20
2023	9,073	15.75	20.48	28.35
2033	10,631	18.46	24.0	33.22

Fuente: Elaboración propia

#### 2.1.4 Caudales de diseño en base a proyecciones de la demanda de agua potable

La obtención de la demanda de agua resulta de sumar los consumos de agua de cada una de las categorías (doméstico, comercial, industrial, social, estatal). A su vez los consumos totales se obtienen de la multiplicación de la cantidad de las conexiones de cada categoría por los consumos de cada una de ellas.

Cuadro N° 20: Información base y parámetros

Localidad: Vegueta Villa, Bellavista, San Isidro, San Juan	Sin Proyecto	Con Proyecto
POBLACIÓN ACTUAL (habitantes)	7,621	7,866
NUMERO DE VIVIENDAS	1,752	1,808
TASA CRECIMIENTO ANUAL DE POBLACION	1.598%	1.598%
DENSIDAD POR LOTE (hab/lot)	4.35	4.35
PORCENTAJE DE PÉRDIDAS	35.00%	20%
MICROMEDICIÓN DOMESTICO	18.4%	100%
MICROMEDICIÓN COMERCIAL, INDUSTRIAL	76.19%	100%

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro se muestra, la amplio déficit para el uso domestico y con la ejecución del proyecto la demanda será cubierta al 100%.

Cuadro N° 21: Información de conexiones existentes - año "2012" por categorías.

CONEXION POR TIPO DE USUARIO	TIPO DE MEDICION	AGUA POTABLE	
		No. De Conex.	TOTAL Conex.
Doméstico	Con Medidor	152	828
	Sin Medidor	676	
Comercial	Con Medidor	15	18
	Sin Medidor	3	
Industrial	Con Medidor	0	0
	Sin Medidor	0	
Estatad	Con Medidor	1	3
	Sin Medidor	2	
Social	Con Medidor	0	0
	Sin Medidor	0	
TOTAL			849

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 22: Datos de consumo por conexión según categorías

DOMESTICO	m <sup>3</sup> /mes/conexión
CONSUMO UNITARIO	19.58
CONSUMO UNITARIO	21.53
<b>COMERCIAL</b>	
CONSUMO UNITARIO	25.20
CONSUMO UNITARIO	27.72
<b>INDUSTRIAL</b>	
CONSUMO UNITARIO	0.00
CONSUMO UNITARIO	0.00
<b>ESTATAL</b>	
CONSUMO UNITARIO	130.00
CONSUMO UNITARIO	143.00
<b>SOCIAL</b>	
CONSUMO UNITARIO	60.00
CONSUMO UNITARIO	66.00

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 23: Caudales de diseño con pérdidas en el sistema

Año	Qp (Lps)	Qmd (Lps)	Qmh (Lps)
2033	10.45	13.59	18.81

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 24: Proyección de la demanda de agua potable, considerando pérdidas en el sistema

AÑO	POBLACION	COBERTURA (%)		POBLACION SERVIDA (hab)	LOTES SERVIDOS (und)	CONSUMO DE AGUA (lt/día)						DEMANDA DE AGUA			
		CONEX.	OTROS MEDIOS (*)			CONSUMO DOMESTICO	CONSUMO COMERCIAL	CONSUMO INDUSTRIAL	CONSUMO ESTATAL	CONSUMO SOCIAL	CONSUMO TOTAL CONECTADO	Qp (lt/seg)	Qp (m3/día)	Qmd (lt/seg)	
													Considerando pérdidas		
2012	Base	7621	48%	52%	3658	841	592862	13.608	0	11.7	0	592887	10.56	912.13	13.72
2013	0	7743	55%	45%	4258	979	667502	14.364	0	11.7	0	667528	11.04	953.61	14.35
2014	1	7866	60%	40%	4720	1085	736281	15.12	0	11.7	0	736308	11.36	981.74	14.77
2015	2	7992	65%	35%	5195	1194	806488	15.876	0	11.7	0	806515	11.67	1008.14	15.17
2016	3	8120	70%	30%	5684	1307	878141	16.632	0	11.7	0	878170	12.71	1097.71	16.52
2017	4	8249	75%	25%	6187	1422	951261	17.388	0	11.7	1.8	951291	13.76	1189.11	17.89
2018	5	8381	80%	20%	6705	1541	1025864	18.144	0	11.7	1.8	1025895	14.84	1282.37	19.29
2019	6	8515	90%	10%	7664	1762	1161044	18.9	0	15.6	1.8	1161080	16.80	1451.35	21.84
2020	7	8651	95%	5%	8219	1889	1238966	19.656	0	15.6	1.8	1239003	17.93	1548.75	23.30
2021	8	8789	96%	4%	8438	1940	1270749	20.412	0	15.6	1.8	1270787	18.39	1588.48	23.90
2022	9	8930	97%	3%	8662	1991	1303205	21.168	0	15.6	1.8	1303244	18.85	1629.05	24.51
2023	10	9073	97%	3%	8800	2023	1324030	21.924	0	15.6	1.8	1324070	19.16	1655.09	24.90
2024	11	9218	97%	3%	8941	2055	1345188	22.68	0	15.6	3.6	1345230	19.46	1681.54	25.30
2025	12	9365	97%	3%	9084	2088	1366685	23.436	0	15.6	3.6	1366727	19.77	1708.41	25.71
2026	13	9515	97%	3%	9229	2122	1388524	24.192	0	15.6	3.6	1388568	20.09	1735.71	26.12
2027	14	9667	97%	3%	9377	2156	1410713	24.948	0	19.5	3.6	1410761	20.41	1763.45	26.53
2028	15	9821	97%	3%	9526	2190	1433256	25.704	0	19.5	3.6	1433305	20.74	1791.63	26.96
2029	16	9978	97%	3%	9679	2225	1456159	26.46	0	19.5	3.6	1456209	21.07	1820.26	27.39
2030	17	10137	97%	3%	9833	2261	1479429	27.216	0	19.5	3.6	1479479	21.40	1849.35	27.83
2031	18	10299	97%	3%	9990	2297	1503070	27.972	0	19.5	3.6	1503121	21.75	1878.90	28.27
2032	19	10464	97%	3%	10150	2333	1527089	28.728	0	19.5	3.6	1527141	22.09	1908.93	28.72
2033	20	10631	97%	3%	10312	2371	1551492	29.484	0	19.5	3.6	1551545	22.45	1939.43	29.18

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro se muestra que al final del periodo de diseño (año 2033) la demanda del caudal medio diario será de 29.18 lt/seg.

### 2.1.5 Análisis de la oferta

- Oferta de agua potable

Para el distrito de Vegueta la fuente de captación denominada Las Lagunas es de óptima calidad, pero es importante el control del área aledaño a la fuente de captación, en cuanto al uso de plaguicidas para asegurar que el agua filtrada tenga la calidad que necesita Végueta.

- Oferta de producción

La oferta de agua potable “sin proyecto”, ha sido elaborada en base a la información proporcionada por EMAPA HUACHO S.A, con lo cual se ha obtenido que la producción de agua de la captación (galería filtrante) actualmente es de 12 lt/s, es decir 1036.8 m<sup>3</sup>/día, valor considerado para la estimación de la proyección de la oferta de agua “sin proyecto”.

La oferta de agua potable “con proyecto”, ha sido elaborado en base al cuadro N°32: Proyección de la demanda de agua potable, estimándose la oferta en base al supuesto de que se ejecuten las obras de ampliación del sistema de agua potable, las cuales deberán satisfacer la demanda proyectada al 2033.

- Oferta de almacenamiento

Para el distrito de Végueta la ubicación del reservorio de 300 m<sup>3</sup> no se encuentra en una altura adecuada por ello es necesario la construcción de una nueva estructura de almacenamiento para asegurar el abastecimiento a toda la ciudad.

### 2.1.6 Balance oferta-demanda

- Balance oferta-demanda de producción

En el balance Oferta-Demanda de caudal de agua potable para todo el horizonte del proyecto, se encontró que actualmente no existe déficit de abastecimiento de agua, pero partir del año 3 del horizonte de diseño se observa que existe déficit.

Cuadro N° 25: Balance oferta-demanda (fuente existente)

Año		Demanda Total QP		Oferta actual (lt/seg.)	Oferta - Demanda Déficit / Superhabit (lt/seg.)
		(m3/año)	(lt/seg)		
2,011	Base	328,166	10.41	12.00	1.59
2,012	Base	332,929	10.56	12.00	1.44
2,013	0	348,068	11.04	12.00	0.96
2,014	1	358,336	11.36	12.00	0.64
2,015	2	367,973	11.67	12.00	0.33
2,016	3	400,665	12.71	12.00	-0.71
2,017	4	434,027	13.76	12.00	-1.76
2,018	5	468,065	14.84	12.00	-2.84
2,019	6	529,743	16.80	12.00	-4.80
2,020	7	565,295	17.93	12.00	-5.93
2,021	8	579,797	18.39	12.00	-6.39
2,022	9	594,605	18.85	12.00	-6.85
2,023	10	604,107	19.16	12.00	-7.16
2,024	11	613,761	19.46	12.00	-7.46
2,025	12	623,569	19.77	12.00	-7.77
2,026	13	633,534	20.09	12.00	-8.09
2,027	14	643,660	20.41	12.00	-8.41
2,028	15	653,945	20.74	12.00	-8.74
2,029	16	664,395	21.07	12.00	-9.07
2,030	17	675,012	21.40	12.00	-9.40
2,031	18	685,799	21.75	12.00	-9.75
2,032	19	696,758	22.09	12.00	-10.09
2,033	20	707,892	22.45	12.00	-10.45

Fuente: Elaboración propia

Del cuadro N° 25 y figura N° 6 se puede apreciar que a partir del año 2016 habrá un déficit de agua si no se hace una ampliación de la oferta de agua potable existente.

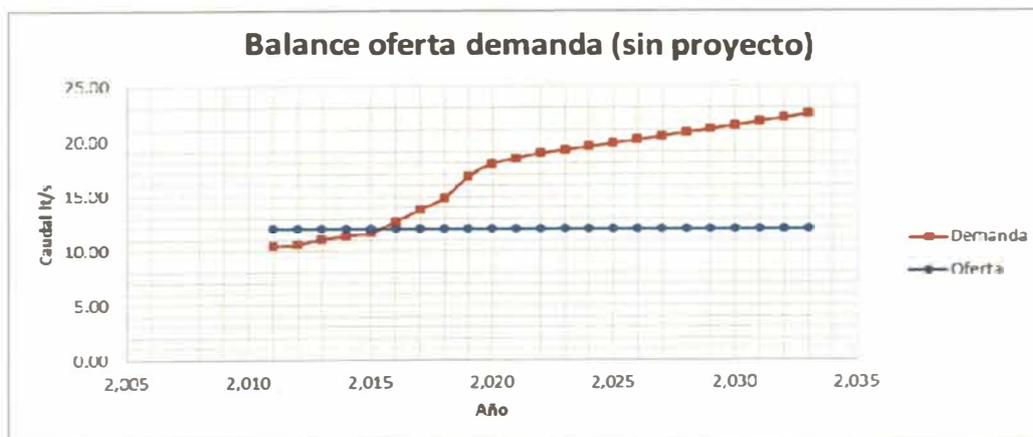


Figura N° 6: Balance oferta-demanda (fuente existente)

Cuadro N° 26: Balance oferta-demanda (con ampliación de la fuente existente)

Año		Demanda Total QP		Oferta actual (lt/seg.)	Oferta con el proyecto (lt/seg.)	Oferta - Demanda Déficit / Superhabit
		(m3/año)	(lt/seg)			
2,011	Base	328,166	10.41	12.00	12.00	0.96
2,012	Base	332,929	10.56	12.00	12.00	1.44
2,013	0	348,068	11.04	12.00	12.00	0.96
2,014	1	358,336	11.36	12.00	22.45	11.09
2,015	2	367,973	11.67	12.00	22.45	10.78
2,016	3	400,665	12.71	12.00	22.45	9.74
2,017	4	434,027	13.76	12.00	22.45	8.69
2,018	5	468,065	14.84	12.00	22.45	7.61
2,019	6	529,743	16.80	12.00	22.45	5.65
2,020	7	565,295	17.93	12.00	22.45	4.52
2,021	8	579,797	18.39	12.00	22.45	4.06
2,022	9	594,605	18.85	12.00	22.45	3.60
2,023	10	604,107	19.16	12.00	22.45	3.29
2,024	11	613,761	19.46	12.00	22.45	2.99
2,025	12	623,569	19.77	12.00	22.45	2.68
2,026	13	633,534	20.09	12.00	22.45	2.36
2,027	14	643,660	20.41	12.00	22.45	2.04
2,028	15	653,945	20.74	12.00	22.45	1.71
2,029	16	664,395	21.07	12.00	22.45	1.38
2,030	17	675,012	21.40	12.00	22.45	1.05
2,031	18	685,799	21.75	12.00	22.45	0.70
2,032	19	696,758	22.09	12.00	22.45	0.36
2,033	20	707,892	22.45	12.00	22.45	0.00

Fuente: Elaboración propia

Del cuadro N° 26 y figura N° 7 se observa que una vez realizada la ampliación de la fuente existente, se elimina el déficit de la demanda de agua dentro del periodo de diseño del proyecto.

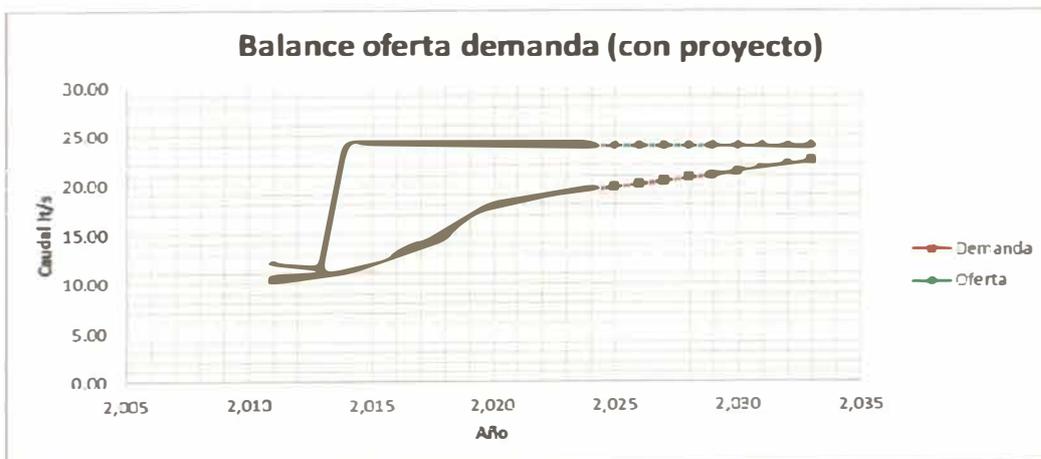


Figura N° 7: Balance oferta-demanda (ampliación de la fuente existente)

• Balance oferta-demanda de almacenamiento

Respecto al balance oferta-demanda de almacenamiento de agua para todo el esquema, se observa que existe un déficit de almacenamiento de 485 m<sup>3</sup> al final del proyecto.

Se ha estimado que la demanda de almacenamiento tendrá un déficit de 485 m<sup>3</sup> para el año 2033; es por ello que se hace necesario cubrir este déficit con un reservorio de 500 m<sup>3</sup> tal como se muestra en el cuadro N° 27 y la figura N° 8.

Cuadro N° 27: Balance oferta-demanda de almacenamiento de agua potable

Año		Volumen Demanda				Volumen Oferta (m3)	Oferta-Demanda balance volumen requerido (m3)
		Vol. Reg. (m3)	Vol. Reserva. (m3)	Vol. Contra Incen. (m3)	Vol. Total (m3)		
2,012	Base	304	42	50	396	300	-96
2,013	0	318	43	50	411	300	-111
2,014	1	327	45	50	422	300	-122
2,015	2	336	46	50	432	300	-132
2,016	3	366	50	50	466	300	-166
2,017	4	396	54	50	500	300	-200
2,018	5	427	58	50	536	300	-236
2,019	6	484	66	50	600	300	-300
2,020	7	516	70	50	637	300	-337
2,021	8	529	72	50	652	300	-352
2,022	9	543	74	50	667	300	-367
2,023	10	552	75	50	677	300	-377
2,024	11	561	77	50	687	300	-387
2,025	12	569	78	50	697	300	-397
2,026	13	579	79	50	708	300	-408
2,027	14	588	80	50	718	300	-418
2,028	15	597	82	50	729	300	-429
2,029	16	607	83	50	740	300	-440
2,030	17	616	84	50	751	300	-451
2,031	18	626	85	50	762	300	-462
2,032	19	636	87	50	773	300	-473
2,033	20	646	88	50	785	300	-485

Fuente: Elaboración propia



Figura N° 8: Balance oferta-demanda (reservorio existente)

## CAPITULO III: DIMENSIONAMIENTO DEL RESERVORIO

Para el cálculo de la capacidad del reservorio, se considerado la compensación de variaciones horarias de consumo y los eventuales desperfectos en la línea de conducción. El reservorio debe permitir que la demanda máxima que se produce en el consumo sea satisfecha a cabalidad, al igual que cualquier variación en el consumo registrado en las 24 horas del día. Ante la eventualidad que en la línea de conducción pueda ocurrir daños que mantengan una situación de déficit en el suministro de agua, mientras se hagan las reparaciones pertinentes, es aconsejable un volumen adicional para dar oportunidad de restablecer la conducción de agua hasta el reservorio. Los criterios para el dimensionamiento del reservorio que se utilizaran son los descritos en el anexo 3.1, en base a ello se propone la siguiente geometría.

### 3.1. GEOMETRÍA DEL RESERVORIO

Para el dimensionamiento del reservorio vamos a utilizar la siguiente recomendación "Prestressed concrete cylindrical tanks" L.R. Gressy 1961.

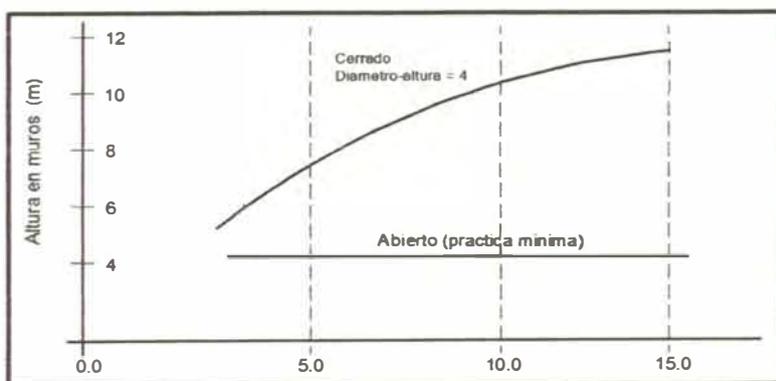


Figura Nº 9: Altura económica de reservorios

Para el dimensionamiento de formas económicas se hace uso de la siguiente figura; En donde para un reservorio cerrado de sección circular, se recomienda que la relación entre el diámetro de la estructura y el alto del muro se encuentre dentro del rango de 2 a 4.

Se considerará un reservorio para el almacenamiento de agua para el consumo humano, según NTE E-030 y el ACI 350.3-01 y comentarios; se

clasificará como tanque circular de concreto armado con conexión muro-losa no-flexible.

Cuadro N° 28: Características geométricas del reservorio

Volumen de almacenamiento	500 m <sup>3</sup>
Radio interior	5.65 m
Altura efectiva para el almacenamiento de agua ( $H_L$ )	5 m
Profundidad enterrada ( $H_E$ )	0.0 m
Altura Total del muro ( $H_W$ )	5.00 m
Flecha de diseño para la cúpula ( $F_C$ )	1.46 m
Espesor de Muros ( $t_w$ )	0.30 m
Espesor de la Cúpula zona central ( $C_E$ )	0.10 m
Espesor de la Cúpula a 1 metro de la unión cúpula-muro ( $C_E$ )	0.15 m
Espesor de Fundación ( $H_Z$ )	0.25 m
Volado en Fundación ( $V$ )	0.40 m

Fuente: Elaboración propia

En los muros cuya relación de esbeltez  $\frac{H_w}{t_w}$  sea mayor a 28, se proveerán de elementos rigidizantes perpendiculares al diafragma del muro, que actuarán como contrafuertes estabilizadores del muro, donde la separación de estos no puede ser mayor de 2 veces la altura libre del muro y su longitud no será menor de 4 veces el espesor bruto ( $t_w$ ) del muro considerado.

De las dimensiones adoptadas para el reservorio, tenemos:

$$\frac{H_w}{t_w} = \frac{5}{0.3} = 16.67, \text{ por lo tanto la esbeltez es adecuada para el muro del reservorio}$$

y no requiere de un tratamiento especial.

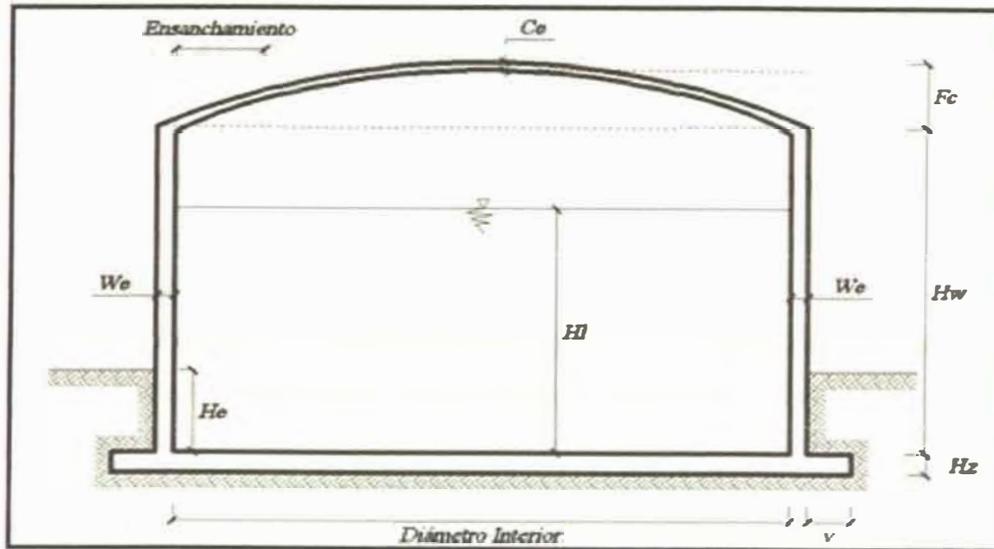


Figura N° 10: Geometría del reservorio

### 3.2. CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES DEL RESERVORIO

Resistencia del Concreto,  $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$  a los 28 días.

Módulo de elasticidad  $E_c$  del Concreto, de acuerdo a ACI 350M-01 sección 8.5.1

$$15000\sqrt{f'_c} = 250998$$

Esfuerzo de fluencia del acero,  $f_Y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

## CAPITULO IV: ANALISIS ESTRUCTURAL DEL RESERVORIO

Como se puede intuir y bajo criterio del diseñador, las cargas gravitacionales serán aportes debido al peso propio de la estructura, al peso del líquido contenido y sobrecargas reglamentarias aplicadas. Asimismo y cuando el reservorio está parcial o completamente lleno del líquido (agua), este líquido “estancado” ejerce presiones hidrostáticas sobre las paredes del tanque contenedor las cuales puede ser calculadas como una función proporcional con la profundidad y con el peso específico del líquido contenido (agua).

En cuanto a la evaluación de cargas de sismo, y esto es lo más importante, debe entenderse que nuestra norma sismo resistente E-030 (NTE-30), no dispone o no se contempla una reglamentación para ejecutar el análisis sísmico de reservorios y que por tanto debemos recurrir a otros códigos internacionales donde si se otorgan la reglamentación correspondiente.

El Código americano ACI 350 Seismic Design of Liquid-Containing Concrete Structures (ACI 350.3-01) and Commentary (350.3R-01)son los que gobiernan y otorgan los parámetros y modelos dinámicos para un correcto análisis sísmico, que de otra forma no se podría ejecutar.

Nuestro objetivo es usar nuestro criterio para poder “compatibilizar” los Códigos Extranjeros con los parámetros NTE-030 peruanos de tal manera que se pueda obtener un correcto estudio sísmico para el reservorio apoyado, utilizando los modelos dinámicos establecidos en el código ACI 350 y sus comentarios.

### 4.1 ANÁLISIS (SEGÚN METODOLOGÍA: APÉNDICE A - ACI 350.3-01)

#### 4.1.1 Análisis sísmico estático

Los resultados presentados fueron evaluados en hojas de cálculo en Excel y el programa Sap2000.

Cuadro N° 29: Calculo de fuerzas inerciales, fuerza laterales componente convectiva e impulsiva

Factor de zona ( Z )	0.4
Factor de Importancia ( I )	1.5
Coeficiente representativo de las características del Suelo ( S )	1.2
Coef. De Modificación de Respuesta Fuerzas Impulsivas ( R <sub>wi</sub> )	2.75
Coef. De Modificación de Respuesta Fuerzas Convectivas ( R <sub>wc</sub> )	1
Peso Efectivo del Muro del Tanque ( $\epsilon \cdot W_w$ )	87899.250 k g
Peso de la Cúpula Tanque ( W <sub>r</sub> )	12189.60 k g
Peso Equivalente de la Componente Impulsiva W <sub>i</sub>	245476.233 k g
Peso Equivalente de la Componente Convectiva W <sub>c</sub>	240621.075 k g
Factor de Amplificación Espectral para el mov. Horizontal C <sub>i</sub>	2.29
Factor de Amplificación Espectral para el mov. Horizontal C <sub>c</sub>	1.19
Fuerza Inercial Lateral por aceleración del Muro ( P <sub>w</sub> )	52496.850
F u erza Inercial Lateral por aceleración de la Cúpula ( P <sub>r</sub> )	7313.76
F u erza Lateral Impulsiva ( P <sub>i</sub> )	147285.7398
F u erza Lateral Convectiva ( P <sub>c</sub> )	203455.9459

Fuente: Elaboración propia

## 4.1.2 Análisis dinámico espectral horizontal

Parámetros Iniciales y Formulación de Espectros Inelásticos:

Se tomarán los valores siguientes especificados en el Análisis Estático:

Cuadro N° 30: Parámetros usados para el análisis dinámico.

Factor de zona ( Z )	0.4
Factor de Importancia ( I )	1.5
Coeficiente representativo de las características del Suelo ( S )	1.2
Coef. De Modificación de Respuesta Fuerzas Impulsivas ( R <sub>wi</sub> )	2.75
Coef. De Modificación de Respuesta Fuerzas Convectivas ( R <sub>wc</sub> )	1
Factor de Amplificación Espectral para el mov. Horizontal C <sub>i</sub>	2.29
Factor de Amplificación Espectral para el mov. Horizontal C <sub>c</sub>	1.17

Fuente: Elaboración propia

El Espectro de Diseño para evaluar las fuerzas inerciales producidas por el muro + cúpula + componente impulsivo, quedará de la siguiente manera.

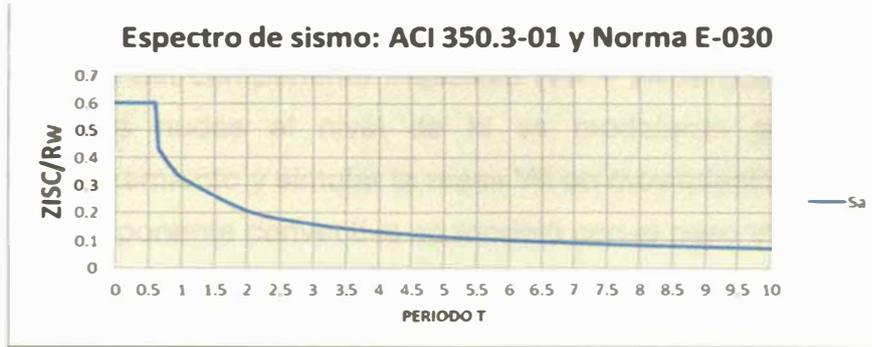


Figura N° 11: Espectro de sismo - componente impulsiva

El Espectro de Diseño para el Componente Convectivo será el siguiente:

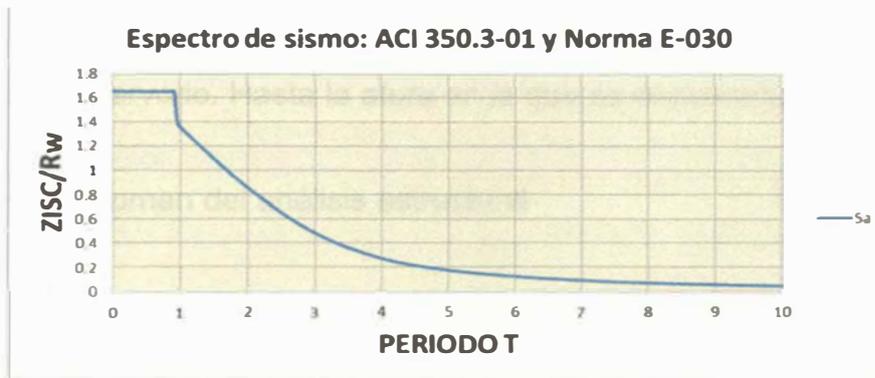


Figura N° 12: Espectro de sismo - componente convectiva

- Modelamiento de la masa impulsiva y convectiva

Se tomarán los criterios desarrollados por Housner, G. W. Este modelo nos da buena aproximación en comparación a modelos más refinados.

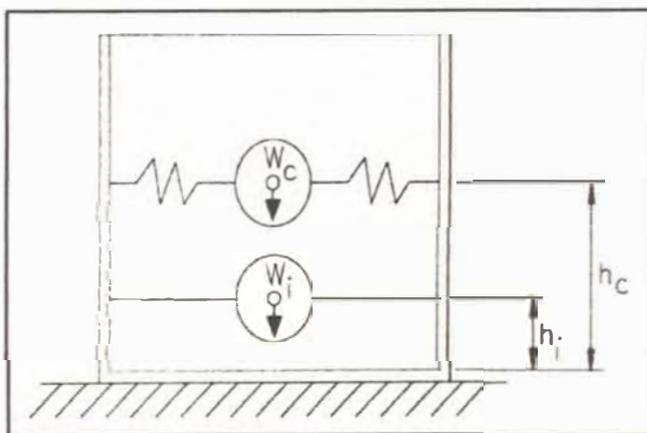


Figura N° 13: Ubicación centro de gravedad del sistema mecánico equivalente

Se construyó un modelo tridimensional y se asignó un nudo central para asignar el peso del componente impulsivo ( $W_i = 245476.233 \text{ Kg}$ ), a una altura  $h_i$  (1.88 m). Los nudos al nivel de  $h_i$  se modelaron para que tengan un mismo desplazamiento y simular la masa  $W_i$  en movimiento con las paredes del tanque. La componente convectiva se modeló con el peso  $W_c = 240621.075 \text{ kg}$ , a una altura de  $h_c$  (2.94 m).

- Cargas por peso propio, cargas vivas, presión del agua

Las cargas por peso propio serán las que aporten los muros del reservorio y el techo. Como sobrecarga de diseño se asignará una carga mínima de  $50 \text{ Kg/m}^2$  sobre la cúpula del reservorio.

La presión del agua se modelará aplicando en todo el contorno de las paredes del reservorio. Hasta la altura en la que se encuentra, 5.00 m para el agua.

- Resumen del análisis estructural

Cálculo de la Cortante y el Momento Total en la Base, según ACI 350.3-01 sección 4.1.2 y 4.1.3:

La Cortante Basal será igual a la suma de las fuerzas inerciales del reservorio, más las fuerzas que promueven las componentes impulsiva y convectiva, más la fuerza producida por la masa de suelo; la combinación de estas fuerzas se hará con el criterio de la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados.

$$V = \sqrt{(P_w + P_r + P_i)^2 + P_c^2}$$

$$M_w = P_w * h_w$$

$$M_r = P_r * h_r$$

$$M_i = P_i * h_i$$

$$M_c = P_c * h_c$$

$$M_b = \sqrt{(M_i + M_w + M_r)^2 + M_c^2}$$

- Análisis estático

Cuadro N° 31: Cálculo de momentos producto de las fuerzas sísmicas

Cortante Total en la base (V)	290315.725 k g
Altura al centro de Gravedad del Muro (hw)	2.50 m
Altura al centro de Gravedad de la Cúpula (hr)	5.65 m
Altura al centro de Gravedad de la Comp. Impulsiva (hi)	1.875 m
Altura al centro de Gravedad de la Comp. Convectiva (hc)	2.94 m
Momento por aceleración del Muro (Pw)	131242.126 kg-m
Momento por aceleración de la Cúpula (Pr)	41322.74 kg-m
Momento por Fuerza Lateral Impulsiva (Pi)	276160.762 kg-m
Momento por Fuerza Lateral Convectiva (Pc)	597528.812 kg-m
Momento Total en la base (M b)	747258.573 kg-m

Fuente: Elaboración propia

- Análisis dinámico

Cuadro N° 32: Cálculo de cortante

Cortante Total en la base al 80% de Análisis Estático	232252.58 k g
Cortante Total en la base de Análisis Dinámico (V)	301073.177 k g
Factor a escalar espectro para el diseño	9.81

Fuente: Elaboración propia

- Desplazamiento máximo

Cuadro N° 33: Cálculo del desplazamiento

Desplazamiento en dirección de análisis	0.0083 cm
Altura a la que se ubica el punto	5.00 m
Deriva	0.0000571
Deriva máxima	0.007

Fuente: Elaboración propia

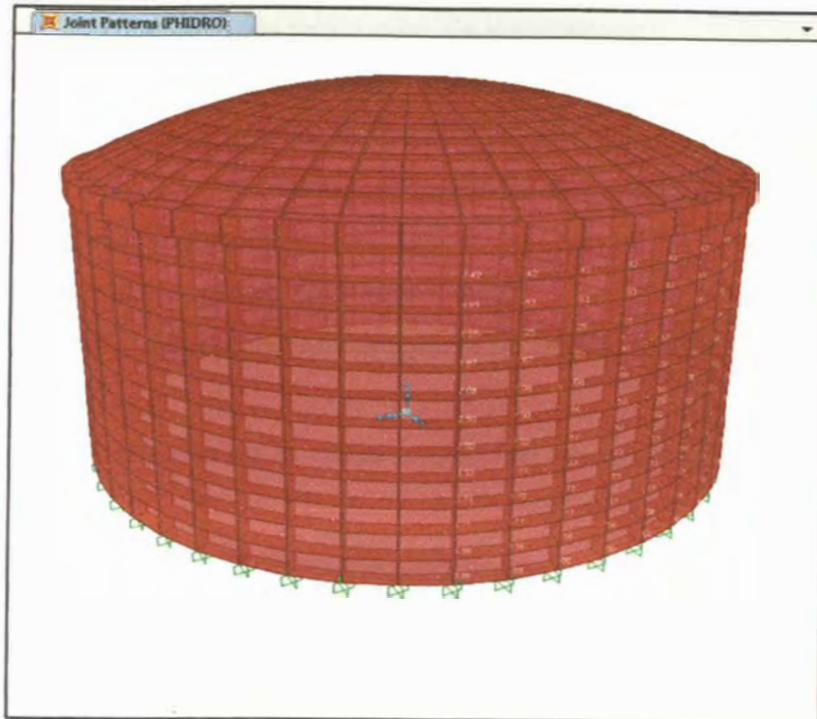


Figura N° 14: Modelo del reservorio apoyado en SAP2000

#### 4.1.3 Diseño de las partes del reservorio

Factores de Mayoración de Carga y Reducción de Resistencia. Según ACI 350M-01 y ACI 318M-08. De ambos códigos se trabaja con el de reciente publicación, el ACI 318M-08. Se indican las siguientes combinaciones de cargas con los factores de mayoración de carga:

$$U = 1.4D + 1.7L$$

$$U = 1.2(D + L) + 1.0 E$$

$$U = 1.4D + 1.7L + 1.7F$$

$$U = 0.9D + 1.7F$$

$$U = 0.9D + 1.0 E$$

$$U = 1.2(D + F) + 1.6(L + H) + 0.5L_r$$

$$U = 1.2D + 1.6L_r + L$$

Donde

D = Cargas por Peso Propio, Cargas Muertas.

L = Cargas Vivas.

L<sub>r</sub> = Cargas de Techo.

H = Cargas por Presión de Suelos.

F = Cargas por Presión de Fluidos.

E = Cargas por Sismo

- Los factores de reducción de resistencia

Tensión Controlada = 0.9

Compresión Controlada, miembros con refuerzo en espiral = 0.75

Compresión Controlada, otros tipos de refuerzo = 0.65

Cortante y Torsión = 0.75

Cortante en zonas sísmicas = 0.60

Juntas y reforzamiento diagonal en vigas = 0.85

- Diseño de la cimentación del reservorio.

El requerimiento de refuerzo para la cimentación será conservador a pesar de que se trata de un suelo de buena capacidad portante según los estudios realizados anteriormente y que son cercanos a la zona donde se ubica el reservorio, los resultados arrojaron una capacidad portante de 5.87kg/cm<sup>2</sup>.

La cimentación está conformada por una zapata circular y una losa de fondo, cuyo refuerzo cumple con los requerimientos por las solicitaciones de cargas y el agrietamiento del concreto cuya magnitud es menor a 0.2mm según la verificación realizada mediante el uso del parámetro Z tal como lo recomienda el ACI.

- Diseño de la cúpula del reservorio.

Se Tomarán las consideraciones indicadas en el capítulo 19: Cáscaras y losas Plegadas del ACI 318M-08. Según la sección 9.2.11, la resistencia de diseño será igual a 0.40 f<sub>c</sub>. La cuantía mínima a proporcionar será de acuerdo a la sección 7.12, igual a 0.0018. El Refuerzo se proporcionará para resistir los esfuerzos de tracción. Se verificará el diseño para los esfuerzos asociados a la acción de membrana (esfuerzos normales y cortantes) y los esfuerzos asociados a la flexión (momentos de flexión, torsión y sus cortantes). El refuerzo se proveerá en dos direcciones y en una sola capa. Se analizará primero la sección de la cúpula de 0.10 m.

Los datos de diseño son los que se muestran en la tabla a continuación:

Diseño de cúpula espesor 10 cm

Cuadro N° 34: Datos para el diseño de la cúpula del reservorio

Fluencia del Acero ( $f_y$ )	4200.00 kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia a Compresión del Concreto ( $f_c$ )	280.00 kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de Elasticidad del concreto ( $E_c$ )	252671.33 kg/cm <sup>2</sup>
Espesor de la Cúpula	0.10 m
Espesor promedio de la Cúpula, zona de ensanchamiento	0.125 m
Resistencia a Compresión de Diseño del Concreto ( $f_{dc}$ ) (19.2.11)	112.00 kg/cm <sup>2</sup>
Cuantía Mínima $\rho$ (7.12)	0.0018
Factor de Reducción a Tracción ( $\phi$ )	0.9

Fuente: Elaboración propia

En ambas direcciones (radial y tangencial) se trabajan con cuantías mínimas. Se realizó la revisión ante efectos de momentos y cortantes.

Cuadro N° 35: Calculo del refuerzo a colocar en la zona de cúpula con espesor de 10cm.

Esfuerzo de Tracción Radial S11	5.85 Tn / cm <sup>2</sup>
Longitud del elemento a evaluar	0.50 m
Fuerza de Tracción Radial N Des 1	165.00 K g
Área de acero requerida	0.044 cm <sup>2</sup>
Área de acero mínima requerida	0.900 cm <sup>2</sup>
Área de acero usada	0.900 cm <sup>2</sup>
Diámetro de barra	3/ 8"
Área de la barra	0.710 cm <sup>2</sup>
Cantidad de barras	1.27
Cantidad de barras a usar	2
Separación	0.250 m
Separación máxima	0.450 m
Separación a Usar	0.250 m
Se colocará varillas $\phi$ 3/ 8 @ 0.25 m	
<b>REVISIÓN A MOMENTO Y CORTANTE</b>	
Momento M 11 ( Radial)	10.00 k g - m
Peralte Efectivo	0.065 m
Cuantía necesaria $\rho$	0.00013
Área de A cero necesaria	0.0000041 cm <sup>2</sup>
Se colocará varillas $\phi$ 3/ 8 @ 0.25 m	
Cortante V 13 ( Radial)	0.79 K g
Cortante que resiste la sección propuesta	1184.02 K g
No necesita refuerzo por cortante	
Refuerzo tangencial ( Acciones Membrana )	
Esfuerzo de tracción tangencial S 22	2.10 Tn / m 2
Longitud del elemento a evaluar	0.40 m
Fuerza de tracción tangencial N Des 2	0.59 K g
Área de acero requerida	0.0005 cm 2
Área de acero mínima requerida	0.720 cm 2
Área de acero usada	0.720 cm 2
Diámetro de la barra	3/8"
Área de la barra	0.710 cm 2
Cantidad de barras	1.01
Cantidad de barras a usar	1
Separación	0.300 m
Separación máxima	0.450 m
Separación a usar	0.300 m
Se colocará varillas $\phi$ 3/ 8 @ 0.3 m	
<b>REVISIÓN A MOMENTO Y CORTANTE</b>	
Momento M 22 ( Tangencial)	8.48 k g - m
Peralte Efectivo	0.065 m
Cuantía necesaria $\rho$	0.00013
Área de acero necesaria	0.0000051 cm <sup>2</sup>
Se colocará varillas $\phi$ 3/ 8 @ 0.3 m	
Cortante V 23 ( Tangencial)	15.47 K g
Cortante que resiste la sección propuesta	947.22 K g
No necesita refuerzo por cortante	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 37: Refuerzo radial (acciones membrana)

Esfuerzo de tracción Radial S 11	42.29 Tn/m <sup>2</sup>
Longitud de elemento a evaluar	0.50 m
Fuerza de tracción Radial N des 1	1479.56 K g
Área de acero requerida	0.391 cm <sup>2</sup>
Área de acero mínima requerida	1.125 cm <sup>2</sup>
Área de acero usada	1.125 cm <sup>2</sup>
Diámetro de barra	3/8"
Área de la barra	0.710 cm <sup>2</sup>
Cantidad de barras	1.58
Cantidad de barras a usar	2
Separación	0.250 m
Separación máxima	0.450 m
Separación a Usar	0.250 m
Se colocará varillas $\phi 3/8 @ 0.25$ m	
<b>REVISIÓN A MOMENTO Y CORTANTE</b>	
Momento M11 ( Radial)	6.39 k g - m
Peralte Efectivo	0.065 m
Cuánta necesaria p	0.00008
Área de Acero necesaria	0.0000026 cm <sup>2</sup>
Se colocará varillas $\phi 3/8 @ 0.25$ m	
Cortante V 13 ( Radial)	3.34 K g
Cortante que resiste a la sección propuesta	1184.02 K g
No necesita refuerzo por cortante	
<b>Refuerzo Tangencial ( Acciones Membrana )</b>	
Esfuerzo de tracción tangencial S 22	44.82 Tn / m 2
Longitud de elemento a evaluar	0.90 m
Fuerza de tracción Tangencial N Des 2	1285.20 K g
Área de acero requerida	0.340 cm 2
Área de acero mínima requerida	2.025 cm 2
Área de acero usada	2.025 cm 2
Diámetro de barra	3/8"
Área de la barra	0.710 cm <sup>2</sup>
Cantidad de barras	2.85
Cantidad de barras a usar	3
Separación	0.300 m
Separación máxima	0.450 m
Separación a U s a r	0.200 m
Se colocará varillas $\phi 3/8 @ 0.3$ m	
<b>REVISION A MOMENTO Y CORTANTE</b>	
Momento M 22 (Tangencial)	45.74 kg -m
Peralte Efectivo	0.065 m
Cuánta necesaria p	0.00032
Área de Acero necesaria	0.0268371 cm <sup>2</sup>
Se colocará varillas $\phi 3/8 @ 0.3$ m	
Cortante V 23 (Tangencial)	36.63 K g
Cortante que resiste a la sección propuesta	2131.24 K g
No necesita refuerzo por cortante	

Fuente: Elaboración propia

Diseño de cúpula espesor 15 cm

El siguiente paso será diseñar la zona de ensanchamiento de sección en la cúpula, se calculará para un espesor promedio de 12.5 cm.

Cuadro N° 36: Datos para el diseño de la cúpula del reservorio

Fluencia del Acero ( $f_y$ )	4200.00 k g / cm <sup>2</sup>
Resistencia a la compresión del concreto ( $f' c$ )	280.00 k g / cm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad del concreto ( $E_c$ )	252671.33 kg/cm <sup>2</sup>
Espesor promedio de la cúpula , zona de ensanchamiento	0.125 m
Resistencia a compresión de diseño de concreto ( $f' d c$ )	112.00 k g / cm <sup>2</sup>
Cuantía mínima $\rho$ ( 7.12)	0.0018
Factor de reducción a tracción ( $\phi$ )	0.9

Fuente: Elaboración propia

• Diseño del muro del reservorio

Se tomarán las consideraciones indicadas en el capítulo 21: Estructuras Resistentes a Fuerzas Sísmicas del ACI 318M-08. Según la tabla 1613.5.2 de la Norma IBC 2006, clasificamos el sitio en la categoría "D", y de acuerdo a la tabla R21.1.1 del capítulo 21 del ACI 318-M-08, debemos cumplir con la sección 21.9

Cuadro N° 38: Clasificación de acuerdo al sitio y al tipo de suelo

TABLE 1613.5.2 SITE CLASS DEFINITIONS				
SITE CLASS	SOIL PROFILE NAME	AVERAGE PROPERTIES IN TP 100 feet, SEE SECTION 1613.5.5		
		Soil shear wave velocity $V_s$ , (ft/s)	Standard penetration resistance, $\bar{N}$	Soil undrained shear strength, $S_u$ , (psf)
A	Hard rock	$V_s > 5,000$	N/A	N/A
B	Rock	$2,500 < V_s \leq 5,000$	N/A	N/A
C	Very dense soil and soft rock	$1,200 < V_s \leq 2,500$	$\bar{N} > 50$	$S_u \geq 2,000$
D	Stiff soil profile	$600 \leq V_s \leq 1,200$	$15 \leq \bar{N} \leq 50$	$1,000 \leq S_u \leq 2,000$
E	Soft soil profile	$V_s < 600$	$\bar{N} < 15$	$S_u < 1,000$
E	—	Any profile with more than 10 feet of soil having the following characteristics: 1. Plasticity index $PI > 20$ 2. Moisture content $w \geq 40\%$ , and 3. Undrained shear strength $S_u < 500$ psf		
F	—	Any profile containing soils having one or more of the following characteristics: 1. Soils vulnerable to potential failure or collapse under seismic loading such as liquefiable soils, quick and highly sensitive clays, collapsible weakly cemented soils. 2. Peats and/or highly organic clays ( $H > 10$ feet of peat and/or highly organic clay where $H$ =thickness of soil) 3. very high plasticity clays ( $H > 25$ feet with plasticity index $PI > 75$ ) 4. Very Thick soft/medium stiff clays ( $H > 120$ feet)		

For SI: 1 foot=304.8, 1 square foot=0.0929m<sup>2</sup>, 1 pound per square foot = 0.0479 Kpa. N/A=Not applicable

Fuente: ACI 350.3-01

Cuadro N° 39: Clasificación de acuerdo al sitio y al tipo de suelo

TABLE R21.1.1: SECTIONS OF CHAPTER 21 TO BE SATISFIED IN TYPICAL APPLICATIONS*				
Component resisting earthquake effect, unless otherwise noted	Seismic Design Category			
	A (none)	B (21.1.1.4)	C (21.1.1.5)	D,E,F (21.1.1.6)
Analysis and design requirements	None	21.1.2	21.1.2	21.1.2,21.1.3
Materials		None	None	21.1.4-21.1.7
Frame members		21.2	21.3	21.5,21.6,21.7, 21.8
Structural walls and coupling beams		None	None	21.9
Precast structural walls		None	21.4	21.4, 21.10
Structural diaphragms and trusses		None	None	21.11
Foundations		None	None	2.12
Frame members not proportioned to resist forces induced by earthquake motions		None	None	21.13
Anchors		None	21.18	21.18

\*In addition to requirements of chapter 1 through 19, except as modified by Chapter 21.

Section 22.10 also applies in SDC D,E, and F.

As permitted by the legally adopted general building code of which this code forms a part.

Fuente: ACI 350.3-01

El muro de un reservorio trabaja para resistir esfuerzos de membrana en la dirección radial, en la dirección tangencial será más importante los efectos que producen los momentos y cortantes. El diseño está dado tanto para la cara exterior y la interior.

Cuadro N° 40: Datos para el diseño del muro (e=30 cm) del reservorio apoyado

Fluencia del Acero ( $f_y$ )	4200.00 k g/cm <sup>2</sup>
Espesor promedio del muro	0.300 m
Resistencia a la compresión del concreto ( $f' c$ )	280.00 kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad del concreto ( $E_c$ )	252671.33 kg/cm <sup>2</sup>
Cuantía mínima $\rho$ ( 21.9.2.1)	0.0025
Factor de reducción a tracción ( $\phi$ )	0.9

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 41: Refuerzo Radial (horizontal) en la Cara Exterior (Acciones Membrana)

Esfuerzo de tracción Radial S 11	66.608 Tn/m <sup>2</sup>
Longitud de elemento a evaluar	0.50 m
Fuerza de tracción Radial N des 1	3918.00 K g
Área de acero requerida	0.7776 cm <sup>2</sup>
Área de acero mínima requerida	2.500 cm <sup>2</sup>
Área de acero usada	2.500 cm <sup>2</sup>
Diámetro de barra	1/2"
Área de la barra	0.994 cm <sup>2</sup>
Cantidad de barras	2.51
Cantidad de barras a usar	3
Separación	0.167 m
Separación máxima	0.450 m
Separación a usar	0.250 m
Se colocará varillas $\phi$ 1/ 2 @ 0.25 m	
<b>REVISION A MOMENTO Y CORTANTE</b>	
Momento M11 ( Radial)	91.17 k g - m
Peralte Efectivo	0.065 m
C u a n t í a necesaria $\rho$	0.00116
Á rea de A cero necesaria	0.376 cm <sup>2</sup>
Se colocará varillas $\phi$ 1/ 2 @ 0.25 m	
Cortante V 13 ( Radial)	39.23 K g
Cortante que resiste a la sección propuesta	1872.10 K g
No necesita refuerzo por cortante	
Refuerzo tangencial ( vertical) en la Cara Exterior ( Acciones membrana )	
Esfuerzo de tracción tangencial S 22	107.29 Tn / m <sup>2</sup>
Longitud de elemento a evaluar	0.90 m
Fuerza de tracción Tangencial N Des 2	6698.316 K g
Á rea d e a cero requerida	1.477 cm <sup>2</sup>
Á rea d e a cero mínima requerida	4.500 cm <sup>2</sup>
Á rea d e a cero u s a d a	4.500 cm <sup>2</sup>
Diámetro de barra	5/8"
Á rea de la barra	1.552 cm <sup>2</sup>
Cantidad de barras	2.89
Cantidad de barras a usar	3
Separación	0.129 m
Separación máxima	0.450 m
Separación a usar	0.25 m
Se colocará varillas $\phi$ 5/8 @ 0.25 m	
<b>REVISION A MOMENTO Y CORTANTE</b>	
Momento M 22 (Tangencial)	813.74 k g - m
Peralte Efectivo	0.065 m
C u a n t í a necesaria $\rho$	0.0061
Á rea de A cero necesaria	3.57 cm <sup>2</sup>
Se colocará varillas $\phi$ 5/8 @ 0.25 m	
Cortante V 23 ( Tangen c i a l)	36.63 K g
Cortante que resiste la sección propuesta	3369.79 K g
No necesita refuerzo por cortante	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 42: Refuerzo Radial (horizontal) en la Cara Interior (Acciones Membrana)

Esfuerzo de tracción Radial S 11	32.174 Tn / m 2
Longitud de elemento a evaluar	0.50 m
Fuerza de tracción Radial N des 1	3027.67 K g
Área de acero requerida	0.801 cm 2
Área de acero mínima requerida	2.500 cm 2
Área de acero usada	2.500 cm 2
Diámetro de barra	1/2"
Área de la barra	0.994 cm 2
Cantidad de barras	2.515
Cantidad de barras a usar	3
Separación	0.25
Separación máxima	0.450 m
Separación a usar	0.25 m
Se colocará varillas $\phi$ 1/ 2 @ 0.25 m	
REVISION A MOMENTO Y CORTANTE	
Momento M11 ( Radial)	95.40 k g - m
Peralte Efectivo	0.065 m
C u a n t í a necesaria $\rho$	0.00121
Área de Acero necesaria	0.394 cm 2
Se colocará varillas $\phi$ 1/ 2 @ 0.25 m	
Cortante V 13 ( Radial)	40.38 K g
Cortante que resiste a la sección propuesta	1872.10 K g
No necesita refuerzo por cortante	
Refuerzo tangencial ( vertical) en la Cara Interior ( Acciones membrana )	
Esfuerzo de tracción tangencial S 22	107.76 Tn/m <sup>2</sup>
Longitud de elemento a evaluar	0.90 m
Fuerza de tracción Tangencial N Des 2	6639.852 K g
Área de acero requerida	1.464 cm 2
Área de acero mínima requerida	4.500 cm 2
Área de acero usada	4.500 cm 2
Diámetro de barra	5/8"
Área de la barra	1.552 cm 2
Cantidad de barras	2.899
Cantidad de barras a usar	3
Separación	0.25 m
Separación máxima	0.450 m
Separación a usar	0.25 m
Se colocará varillas $\phi$ 5/ 8 @ 0.25 m	
REVISIÓN A MOMENTO Y CORTANTE	
Momento M 22 (Tangencial)	813.74 k g - m
Peralte Efectivo	0.065 m
C u a n t í a necesaria $\rho$	0.0061
Área de Acero necesaria	3.57 cm 2
Se colocará varillas $\phi$ 5/ 8 @ 0.25 m	
Cortante V 23 ( Tangencial)	2116.54 K g
Cortante que resiste la sección propuesta	3369.79 K g
No necesita refuerzo por cortante	

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.4 Control de fisuramiento

El ancho de las grietas están relacionadas al esfuerzo de trabajo del acero, sin embargo otros factores como el espesor del recubrimiento y la distribución del acero en zonas de máxima tensión son importantes, de acuerdo a la norma ACI 350R-01 sección 7.12.2.1

Desde el punto de vista de darle protección al acero de refuerzo, es preferible tener anchos de grietas menores o iguales a 0.2mm.

$$Z = f_s \sqrt[3]{d_c * A}$$

Donde

Z: factor en kg/cm, según el grado de exposición y el ancho de grieta.

$f_s$ : esfuerzo máximo en el acero, en el área efectiva de tensión del concreto.

$d_c$ : espesor del recubrimiento en cm, medido desde el centro de la primera línea de refuerzo.

#### 4.1.5 Ancho de grieta máximo

Para la exposición al medio ambiente, se ha limitado el valor máximo de Z a 15500 kg/cm<sup>2</sup> correspondiente a un límite de ancho de fisuramiento de 0.20mm.

La ecuación que nos proporciona el ancho de la fisura en mm, derivada de la ecuación de Gergely-Lutz, es la siguiente:

$$w_{max} = 0.1086 * 10^{-4} \beta * f_s * \sqrt[3]{d_c * A}$$

Donde:

$\beta = 1.2$  Considerado para el cálculo, para el caso de vigas.

$f_s = 1260 \text{ kg/cm}^2$

$d_c = 5.78 \text{ cm}$ , recubrimiento hasta el eje de la primera línea de refuerzo.

$A = 2d_c * S$

$$w = 0.19 \text{ mm}$$

## CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 CONCLUSIONES

Para el análisis de un reservorio apoyado se debe considerar que la masa  $M_0$  que es la masa impulsiva de la capacidad del reservorio está ubicado a la distancia  $H_0$  sobre el fondo y esta rígidamente unida a las paredes del reservorio y debe adicionarse a la masa de la pared cilíndrica del reservorio, ubicado en el centro de gravedad de la pared cilíndrica.

La masa  $M_1$  unido por un medio de un resorte con rigidez total "K" se ubica a una altura  $h_1$  sobre el fondo.

La masa de la cúpula se ubica en el centro de gravedad de la cúpula posteriormente se calcula las fuerzas actuantes en el diseño.

Al verificar por fisuramiento se cumple con el requerimiento básico para asegurar que la estructura sea impermeable pero esto podría generar una variación de las características del concreto usado ( $280\text{kg/cm}^2$ ) porque el espaciamiento del acero de refuerzo requerido para cumplir con este requisito haría que el concreto usado tenga un agregado de menor tamaño y sea más fluido, teniendo como resultado un concreto más rico en cemento, encareciéndose el costo de este con respecto al proyectado. Esto debe evitarse teniendo un adecuado control a pie de obra.

En el cálculo del volumen de almacenamiento del reservorio se consideran las pérdidas locales en el sistema de abastecimiento de agua lo cual lo hace confiable para satisfacer la demanda de almacenamiento dentro del periodo de diseño.

## 5.2 RECOMENDACIONES

Para un tanque rígido completamente lleno, cubierto con una tapa rígida, toda la masa de líquido se mueve con el tanque con una masa rígida. Si existe un pequeño espacio entre la superficie del líquido y la tapa (2% de la profundidad del tanque), las presiones ejercidas por el líquido en las paredes y el fondo serán prácticamente iguales a las que se producirán con una superficie efectivamente libre.

Por lo tanto basta estudiar las condiciones en un tanque totalmente lleno y con superficie efectivamente libre. Para pequeñas oscilaciones, el líquido puede sustituirse por cierto número de masas unidas al tanque mediante resortes lineales, estando asociado a una masa a cada modo natural.

Para calcular la fuerza resultante ejercida por el líquido en el tanque y el momento de volteo correspondiente, el líquido puede sustituirse por una masa  $M_0$  fija rígidamente al tanque a una elevación  $H_0$  sobre el fondo, mas una masa  $M_1$  unida por resortes con rigidez tota "K" a la elevación  $H_1$  sobre el fondo tal como se plantea en el sistema mecánico equivalente.

## BIBLIOGRAFIA

- Alvarado Calderón Cesar, Análisis estructural con SAP 2000, Instituto de la Construcción y Gerencia, Lima, 2010.
- Arica Castro Manuel Augusto, Análisis y diseño de reservorios apoyados de gran capacidad, Tesis de Titulación Profesional. Facultad de Ingeniería Civil-UNI, Lima, 1996.
- Bonilla De la Cruz Fernando, Diseño de reservorio apoyado de concreto armado  $V=1400 \text{ m}^3$ , Informe de Suficiencia de Titulación Profesional. Facultad de Ingeniería Civil-UNI, Lima, 2001.
- Dávila De la Cruz Carlos LLOfre, Proceso constructivo de reservorio apoyado y obras complementarias distrito de Uchiza, Tesis de Titulación Profesional. Facultad de Ingeniería Civil-UNI, Lima, 2001.
- Delgado Fernández José Valerio, Programación y procesos constructivos del sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Végueta, Tesis de Titulación Profesional. Facultad de Ingeniería Civil-UNI, Lima, 1998.
- Norma E.060, E.030 Reglamento Nacional de Edificaciones, Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, Lima, 2006.
- Norma ACI-350.3-01, Instituto Americano de Concreto, Lima, 2008.

## ANEXOS

ANEXO A: PERIODO ÓPTIMO DE DISEÑO

ANEXO B. CÁLCULO DE LA POBLACION DE DISEÑO

ANEXO C: CÁLCULO DE LA DEMANDA DE AGUA POTABLE

ANEXO D: CÁLCULO DE LA OFERTA DE AGUA POTABLE

ANEXO E: CALCULO DEL VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO

ANEXO F: MEMORIA DE CÁLCULO DEL RESERVORIO APOYADO 500 m<sup>3</sup>

ANEXO G: PLANOS

## ANEXO A: PERIODO ÓPTIMO DE DISEÑO

Criterios económicos donde se prioriza la inversión y se minimizan las capacidades ociosas, seleccionando el periodo optimo con según la ingeniería del proyecto y el tipo de servicio.

Se efectúa con el criterio de “sensibilidad económica”

Utiliza la economía de escala con la ecuación de costos:

$$C = kT^\alpha$$

C: Costo del elemento

K: Factor de ajuste depende de las características del insumo de la obra

T: Tamaño del elemento (en tuberías...diámetro, en reservorios...volumen, etc)

$\alpha$ : Factor de economía de escala

$\alpha=1$  —→ No hay economía  
No existe periodo optimo  
El dimensionamiento queda al criterio del proyectista

$\alpha<1$  —→ Si hay economía  
Existe periodo optimo  
El elemento debe ser diseñado para el periodo óptimo

$\alpha>1$  —→ Hay des-economía  
Es una solución para ese periodo óptimo que resulta demasiado costosa  
El elemento se diseña para el tiempo en que se satisface la demanda ó habrá que propiciar otras alternativas para este elemento.

Periodo óptimo de diseño sin déficit  $X_1$

$$X_1 = \frac{(2.6 * (1 - \alpha)^{1.12})}{r}$$

Periodo óptimo de diseño con déficit  $X_1^*$

$$X_1^* = \frac{(2.6 * (1 - \alpha)^{1.12})}{r} + \frac{0.3 * (1 - \alpha) * X_0^{0.85}}{r^{\frac{1}{2}}}$$

$X_1$ : Periodo óptimo de diseño sin déficit

$X_1^*$ : Periodo óptimo de diseño con deficit inicial

$X_0$ : Periodo de retraso, intercepto de la demanda con el eje de abcisas (periodo transcurrido para la demanda igual a 0)

$\alpha$ : Factor de economía d escala

$r$ : Tasa de interés anual, costo de oportunidad de capital a valores reales.

Factores de economía de escala

Obra	Factor de economía de escala $\alpha$
Captación	0.2
Lineas de conducción, aducción e impulsión	0.4
Planta de tratamiento	0.7
Reservorios	0.6
Redes hidráulicas	0.3
Redes de alcantarrillado	0.4

Para los centros poblados del estudio

A.1 PERIODO ÓPTIMO DE DISEÑO SIN DÉFICIT  $X_1$

Considerando:  $r=12\%$

Estructura	$\alpha$	Costo aprox. \$	%Costo	$X_1$ Años	Ponderado Años
Captación	0.2	60000	16%	17	2.72
Línea de impulsión	0.4	132400	36%	12	4.35
Reservorio	0.6	180000	48%	8	3.75
	Total	372400	100%		10.82

Periodo óptimo de diseño sin déficit  $X_1 = 10.82$  años

Se puede adoptar  $X_1 = 10$  años

A.2 PERIODO ÓPTIMO DE DISEÑO CON DÉFICIT  $X_1^*$

Considerando:

Población actual año 2012	7,621	hab
Dotación	150	l/hab/dia
$\alpha$	0.7	
$r$	6%	Anual

$X_0$  Periodo de retraso Intercepto de la demanda con el eje de abcisas  
(Periodo transcurrido para la demanda=0)

Demanda creciente anual	21,450	l/dia/año
Demanda actual	1,143,150	l/dia
$X_0$	53.3	Años

Luego:

Periodo óptimo de diseño con déficit  $X_1^* = 22$  años

Se puede adoptar  $X_1^* = 20$  años.

Estimación de costos de las estructuras

1.- Reservorio

Volumen: 500 m<sup>3</sup>

D: 11.3 m

H: 5 m

Descripción		Und	P.U \$	Parcial \$
Excavaciones	1700	m3	10	17000
Rellenos	950	m3	14	13300
Concreto paredes	53.25	m3	350	18637.5
Concreto losa y techo	81.74	m3	350	28609
Concreto cimentación	250	m3	350	87500
Tuberías y accesorios	1	glb	10000	10000
Acabados	1	glb	5000	5000
			<b>TOTAL</b>	<b>180046.5</b>

2.- Línea de impulsión:

	Metrado	Und	P.U \$	Parcial \$
Línea de impulsión 10"	487	m	200	97400
Estación de bombeo	1	glb	35000	35000
			<b>TOTAL</b>	<b>132400</b>

3.- Captación

	Metrado	Und	P.U \$	Parcial \$
Drenes	200	m	150	30000
Cisterna enterrada	1	glb	30000	30000
			<b>TOTAL</b>	<b>60000</b>

## ANEXO B: CALCULO DE LA POBLACION DE DISEÑO

### B.1 CÁLCULO DE LA PROYECCION POBLACIONAL EN VEGUETA VILLA

#### B.1.1 CÁLCULO POBLACIONAL POR EL METODO GEOMETRICO

	AÑO CENSO	POBLACION (hab)
AÑO 0	1972	2211
AÑO 1	1981	2405
AÑO 2	1993	3342
AÑO 3	2007	4152

$$P_f = P_i(1 + r)^t$$

$$r = \left(\frac{P_f}{P_i}\right)^{\frac{1}{t}} - 1$$

Donde

$P_f$ : Población final al cabo de t años

$P_i$ : Población inicial del año base

$r$ : Tasa media de crecimiento por año

$t$ : Años

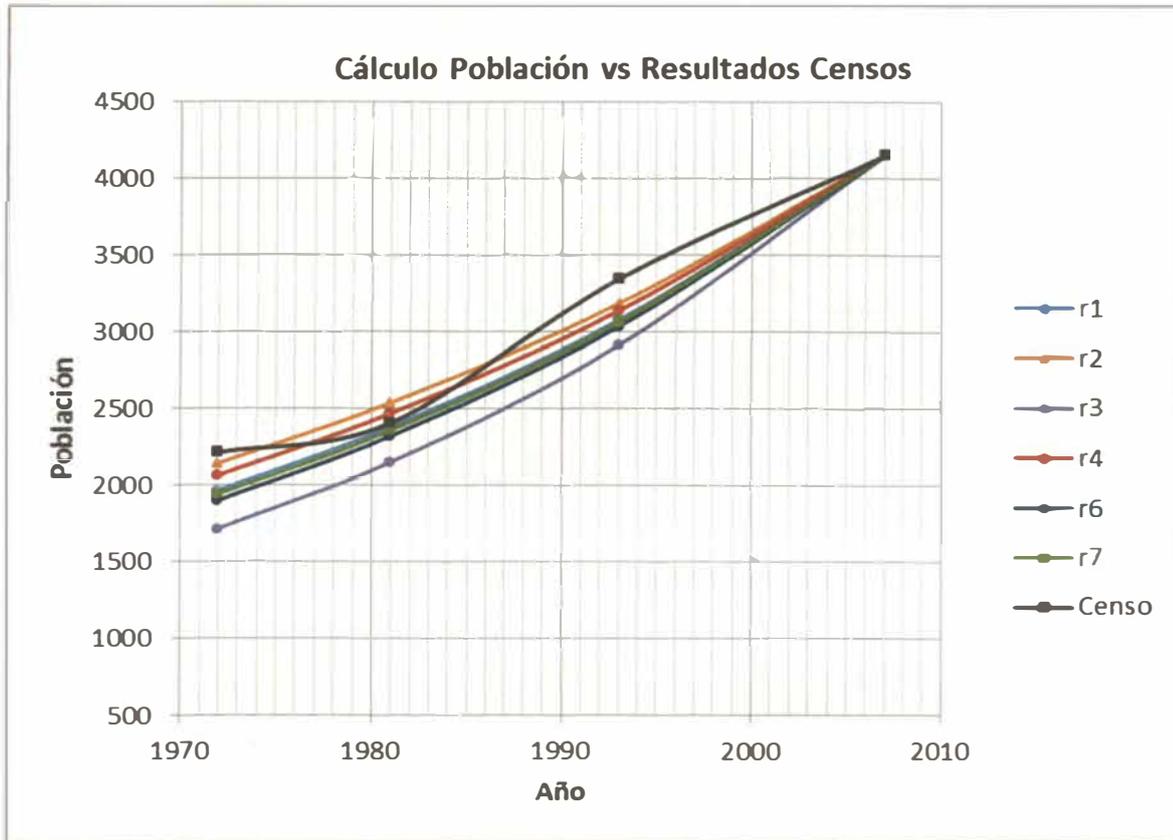
Tasa media de crecimiento para diferentes combinaciones

PERIODO	r
AÑO 0-AÑO 1	0.939%
AÑO 1-AÑO 2	2.780%
AÑO 2-AÑO 3	1.562%
AÑO 0-AÑO 2	1.987%
AÑO 0-AÑO 3	1.817%
AÑO 1-AÑO 3	2.122%

Tomando los promedios geométricos de los periodos  
AÑO 0-AÑO 1-AÑO 2-AÑO 3  $r = 1.598\%$

Calculo de la población en forma regresiva

		r=	0.939%	2.780%	1.562%	1.987%	1.817%	2.122%	1.598%
AÑO	T	Población Censo	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7
2007	0	4152	4152	4152	4152	4152	4152	4152	4152
1993	-14	3342	3643	2828	3342	3152	3227	3094	3326
1981	-26	2405	3256	2035	2775	2490	2600	2405	2750
1972	-35	2211	2994	1590	2413	2086	2211	1991	2384
		12110	14045	10606	12682	11880	12190	11642	12612



La curva que mas se acerca al valor censal de año base (1972) y a la curva de crecimiento histórico (población censo)

Curva seleccionada

$P_0$ : 4152 habitantes

$r$ : 1.598%

### B.1.2 CALCULO POBLACIONAL POR EL METODO ARITMETICO (interés simple)

$$P_f = P_i (1 + r * t)$$

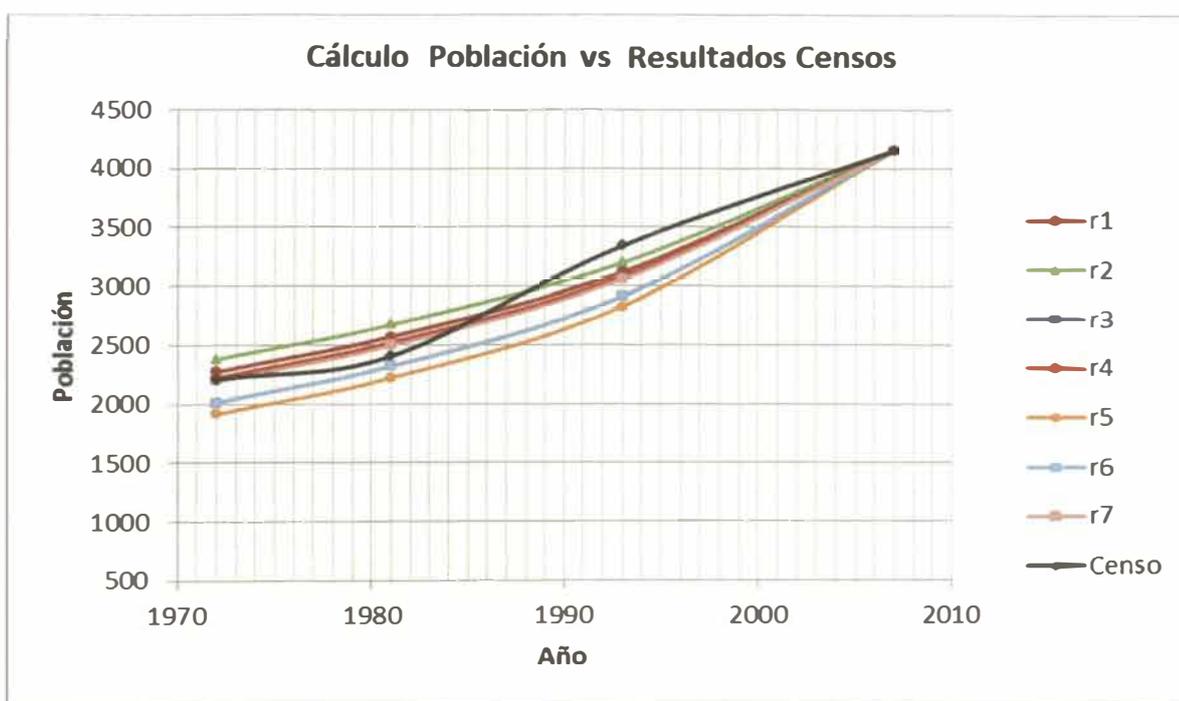
$$r = \frac{\frac{P_f}{P_i} - 1}{t}$$

PERIODO	r
AÑO 0-AÑO 1	0.975%
AÑO 1-AÑO 2	3.247%
AÑO 2-AÑO 3	1.731%
AÑO 0-AÑO 2	2.436%
AÑO 0-AÑO 3	2.508%
AÑO 1-AÑO 3	2.794%

Tomando el promedio ponderado del censo  
 $r = 2.056\%$

Calculo de la población en forma regresiva

		r=	0.975%	3.247%	1.731%	2.436%	2.508%	2.794%	2.056%
AÑO	T	Población Censo	PF1	PF2	PF3	PF4	PF5	PF6	PF7
2007	0	4152	4152	4152	4152	4152	4152	4152	4152
1993	-14	3342	3585	2265	3146	2736	2694	2528	2957
1981	-26	2405	3100	647	2283	1522	1444	1136	1932
1972	-35	2211	2735	-566	1636	612	507	92	1164
	Total	12110	13572	6498	11217	9023	8797	7908	10205



Tomar la curva que más se acerca a la curva censal  
: 4152 habitantes

: 0.975%

### B.1.3 CÁLCULO POBLACIONAL POR EL METODO PARABOLA DE 2DO GRADO

Donde

a: población del año base

b, c: coeficientes de variación

y: población futura

x: tiempo en años

Tomando los siguientes años:

Año censal	X	X <sup>2</sup>	Y
1972	0	0	2211
1981	9	81	2405
1993	21	441	3342

1.- Formando las ecuaciones

	A	B*X	C*X <sup>2</sup>	=	Y
Ec 1	8407	9	81		2405
Ec 2	8407	21	441		3342

	-46431	-189	-1701		-50505
	19899	189	3969		30078
S	-26532	0	2268		-20427

ECUACION Y1

a=	2211
b=	-2.671
c=	2.692

Para los años censales

Año censal	X	X <sup>2</sup>	Y
1972	0	0	2211
1981	9	81	2405
2007	35	1225	4152

2. Formando las ecuaciones

	A	B*X	C*X <sup>2</sup>	=	Y
Ec 1	2211	9	81		2405
Ec 2	2211	35	1225		4152

	-77385	-315	-2835		-84175
	19899	315	11025		37368
S	-57486	0	8190		-46807

ECUACION Y2

a=	2211
b=	9.820
c=	1.304

Para los años censales

Año censal	X	X <sup>2</sup>	Y
1972	0	0	2211
1993	21	441	3342
2007	35	1225	4152

3.- Formando las ecuaciones

	A	B*X	C*X <sup>2</sup>	=	Y
Ec 1	2211	21	441		3342
Ec 2	2211	35	1225		4152

	-77385	-735	-15435		-116970
	46431	735	25725		87192
<b>S</b>	-30954	0	10290		-29778

ECUACION Y3

a=	2211
b=	51.457
c=	0.114

Para los años censales

Año censal	X	X <sup>2</sup>	Y
1981	0	0	2405
1993	12	144	3342
2007	26	676	4152

3.1 Formando las ecuaciones

	a	b*X	c*X <sup>2</sup>	=	Y
Ec 1	2405	12	144		3342
Ec 2	2405	26	676		4152

	-62530	-312	-3744		-86892
	28860	312	8112		49824
<b>S</b>	-33670	0	4368		-37068

ECUACION Y4

a=	2405
b=	87.418
c=	-0.778

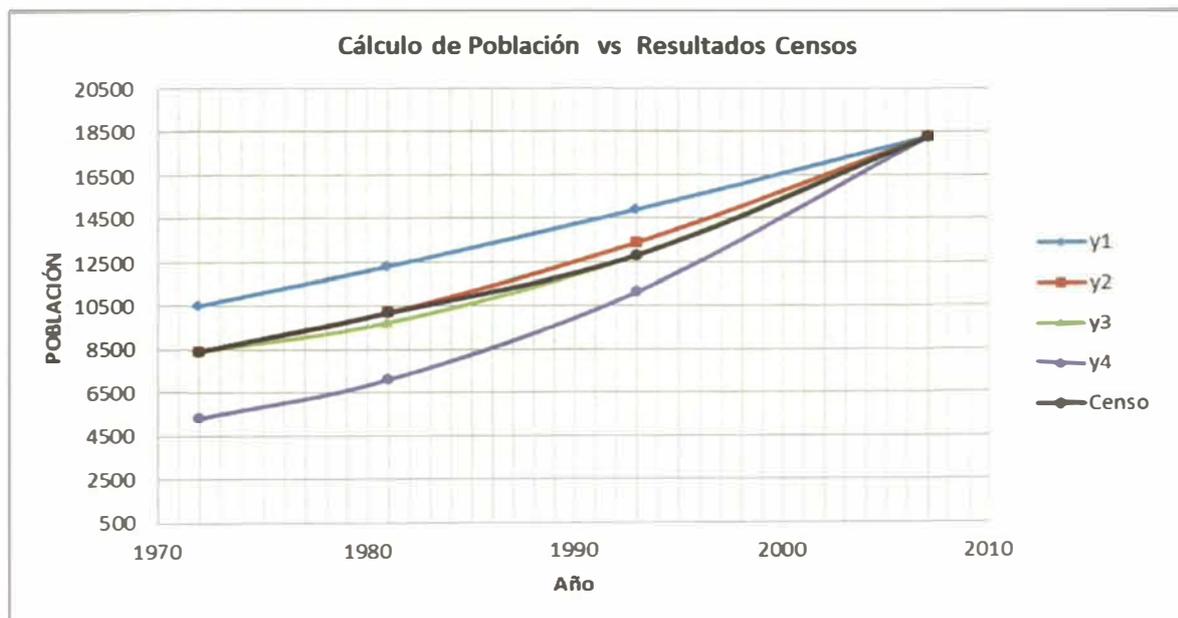
### Coeficientes de ecuación

	Y1	Y2	Y3	Y4
a	2211	2211	2211	2405
b	-2.671	9.820	51.457	87.418
c	2.692	1.304	0.114	-0.778

AÑO	T (AÑOS)	POB.CENSAL	Y1	REAJUSTE Y1	Y2	Y3	Y4	REAJUSTE Y4
1972	0	2211	2211	948	2211	2211	2405	2045
1981	9	2405	2405	1142	2405	2683	3129	2769
1993	21	3342	3342	2079	2992	3342	3898	3538
2007	35	4152	5415	4152	4152	4152	4512	4152

### Curva seleccionada

P <sub>0</sub> =	4152
a=	2211
b=	51.457
c=	0.114



### B.1.4 CÁLCULO POBLACIONAL POR EL METODO DE LOS INCREMENTOS VARIABLES

$$P_t = P_n + m * A_1 P + m * \frac{m-1}{2} * A_2 P$$

$$A_1 P = \frac{P_n - P_0}{n - 1}$$

$$A_2P = \frac{(P_n - P_{n-1}) - (P_1 - P_0)}{n - 2}$$

Donde

$P_t$ : Población a calcular

$m$ : Numero de datos inter censales desde el último censo hasta la fecha pedida

$A_1$ : Media del incremento

$A_2$ : Media del incremento de incrementos

Siendo

$P_0$ : Es primer dato censal

$P_n$ : El último dato censal

$P_{n-1}$ : El penúltimo dato censal

$P_1$ : El segundo dato censal

$n$ : Numero de datos censales

Calculo poblacional

Año (decenios)	POBLACION (hab)	$A_1P$	$A_2P$
1972	2211		
1981	2405	194	
1993	3342	937	743
2007	4152	810	-127
	Total	1941	616

Cálculo de los parámetros para la formula

$A_1P$	647
$A_2P$	308

$$P_t = 4152 + 467 * m + 308 * m * \frac{(m - 1)}{2}$$

Proyección de población

Año	$m$	$P_t$
2011	0.4	4373.84
2012	0.5	4437
2013	0.6	4503.24
2023	1.6	5335.04
2033	2.6	6474.84

### B.1.5 CALCULO POBLACIONAL POR METODO GEOMETRICO DISTRITO VEGUETA CON INDICE DE LA PROVINCIA HUAURA

	AÑO CENSO	POBLACION (hab)
AÑO 0	1972	112694
AÑO 1	1981	137581
AÑO 2	1993	164704
AÑO 3	2007	197384

$$PF = Pi * (1+r)^t$$

$$i = ((Pf/Pi)^{(1/t)}) - 1$$

Donde:

PF= Población final al cabo de t años

Pi= Población inicial del año base

r= Tasa media de crecimiento por año

t= Años

Tasa media de crecimiento para diferentes combinaciones

AÑO 0-AÑO 1 r= 2.242%

AÑO 1-AÑO 2 r= 1.511%

AÑO 2-AÑO 3 r= 1.301%

Tomando los promedios geometricos de los periodos

AÑO 0-AÑO 1-AÑO 2-AÑO 3 r= 1.640%

#### POBLACION FUTURA CON INDICE DE LA PROV. DE HUAURA

Pi= 4152 hab

r= 1.640%

#### CALCULO DE LA PROYECCION POBLACIONAL

AÑO	POB.VEGUETA VILLA	GEOMETRICO	ARITMETICO	PARABOLA 2DO GRADO	INCREM.VARIABLE
2007	4152	4152	4152	4152	4152
2008	4220	4218	4192	4212	4203
2009	4289	4286	4233	4271	4257
2010	4360	4354	4273	4331	4314
2011	4431	4424	4314	4392	4374
2012	4504	4494	4354	4452	4437
2013	4578	4566	4395	4513	4503
2014	4653	4639	4435	4574	4573
2015	4729	4713	4476	4635	4645
2016	4806	4789	4516	4696	4720
2017	4885	4865	4557	4758	4799
2018	4965	4943	4597	4820	4881

AÑO	POB.VEGUETA VILLA	GEOMETRICO	ARITMETICO	PARABOLA 2DO GRADO	INCREM.VARIABLE
2019	5047	5022	4638	4882	4965
2020	5129	5102	4678	4944	5053
2021	5214	5183	4719	5007	5144
2022	5299	5266	4759	5070	5238
2023	5386	5350	4800	5133	5335
2024	5474	5436	4840	5196	5435
2025	5564	5523	4881	5259	5538
2026	5655	5611	4921	5323	5645
2027	5748	5701	4962	5387	5754
2028	5842	5792	5002	5451	5866
2029	5938	5884	5043	5515	5982
2030	6035	5978	5083	5580	6101
2031	6134	6074	5123	5645	6222
2032	6235	6171	5164	5710	6347
2033	6337	6269	5204	5775	6475
2034	6441	6369	5245	5841	6606
2035	6547	6471	5285	5906	6740

La curva seleccionada será la que más se acerque a la curva de crecimiento poblacional con índice de la provincia de Huaura.

Áreas pobladas en el año 2009 por los centros poblados de Vegueta villa, San Isidro, Bellavista, San Juan. Estas áreas se determinaron con imágenes satelitales del año 2009, de Google Earth.

Centro poblado	Area (Ha)	Densidad poblacional / ha	Población 2009 (hab)	Area (m <sup>2</sup> )
Vegueta Villa	54.81	78.2	4286	548061
Bellavista	6.59	78.2	515	65891
San Isidro	19.86	78.2	1553	198608
San Juan	11.67	78.2	913	116720
<b>Total</b>	<b>92.93</b>		<b>7267</b>	

Luego tenemos la población de los 4 centros poblados para el año 2009. Ahora proyectamos esta población con el método geométrico, utilizando la misma tasa de crecimiento de Végueta Villa.

## Proyección poblacional con la curva seleccionada

## Ecuación de la curva de crecimiento

$$P_f = P_i(1 + r)^t$$

Donde

$P_f$ : Población final al cabo de t años

$P_i$ : Población inicial del año base

$r$ : Tasa media de crecimiento por año

$t$ : Años

Población proyectada: Végueta villa, Bellavista, San Isidro, San Juan

$$r = 1.598\%$$

Año	Tiempo	Proyección poblacional
2009	0	7267
2010	1	7383
2011	2	7501
2012	3	7621
2013	4	7743
2014	5	7866
2015	6	7992
2016	7	8120
2017	8	8249
2018	9	8381
2019	10	8515
2020	11	8651
2021	12	8789
2022	13	8930
2023	14	9073
2024	15	9218
2025	16	9365
2026	17	9515
2027	18	9667
2028	19	9821
2029	20	9978
2030	21	10137
2031	22	10299
2032	23	10464

Año	Tiempo	Proyección poblacional
2033	24	10631
2034	25	10801
2035	26	10974

**ANEXO C: CÁLCULO DE LA DEMANDA DE AGUA POTABLE****C.1 INFORMACIÓN BASE Y PARÁMETROS**

Localidad: Vegueta villa, Bellavista, San Isidro, San Juan	Sin Proyecto	Con Proyecto
POBLACIÓN ACTUAL (habitantes)	7,621	7,866
NUMERO DE VIVIENDAS	1,752	1,808
TASA CRECIMIENTO ANUAL DE POBLACION (%)	1.598%	1.598%
DENSIDAD POR LOTE (hab/lote)	4.35	4.35
PORCENTAJE DE PÉRDIDAS	35.00%	20%
MICROMEDICIÓN DOMESTICO (%)	18.4%	100%
MICROMEDICIÓN COMERCIAL, INDUSTRIAL (%)	76.19%	100%
POBLACIÓN ACTUAL CON CONEX. AGUA (red pública)	3,693	

Densidad (población/lote): 4.35 habitantes/lote

Población Futura 2033: 10631 habitantes

Dotación:	150	lt/hab/dia
Día	86400	seg

Información de conexiones existentes al año "2012" por categorías

CONEXION POR TIPO	TIPO DE MEDICION	AGUA POTABLE	
		No. De Conex.	TOTAL Conex.
Doméstico	Con Medidor	152	828
	Sin Medidor	676	
Comercial	Con Medidor	15	18
	Sin Medidor	3	
Industrial	Con Medidor	0	0
	Sin Medidor	0	
Estatal	Con Medidor	1	3
	Sin Medidor	2	
Social	Con Medidor	0	0
	Sin Medidor	0	
TOTAL			849

## C.2 INFORMACIÓN DE CONSUMO PER CÁPITA POR CONEXIÓN

<b>DATOS DE CONSUMO POR CONEXIÓN SEGÚN CATEGORIAS (m<sup>3</sup>/mes/cnx)</b>	
<b>DOMESTICO</b>	
CONSUMO UNITARIO C/MEDIDOR	19.58
CONSUMO UNITARIO S/MEDIDOR	21.53
<b>COMERCIAL</b>	
CONSUMO UNITARIO C/MEDIDOR	25.20
CONSUMO UNITARIO S/MEDIDOR	27.72
<b>INDUSTRIAL</b>	
CONSUMO UNITARIO C/MEDIDOR	0.00
CONSUMO UNITARIO S/MEDIDOR	0.00
<b>ESTATAL</b>	
CONSUMO UNITARIO C/MEDIDOR	130.00
CONSUMO UNITARIO S/MEDIDOR	143.00
<b>SOCIAL</b>	
CONSUMO UNITARIO C/MEDIDOR	60.00
CONSUMO UNITARIO S/MEDIDOR	66.00

<b>COEFICIENTES DE VARIACION DE CONSUMO</b>		
- Coeficiente de variación máx. diario	K1=	1.3
- Coeficiente de variación máx. horario	K2=	1.8

### C.3 CONEXIONES DE AGUA POTABLE EN EL PERIODO DE DISEÑO

AÑO	POBLACION	COBERTURA (%)		POBLACION SERVIDA	LOTES SERVIDOS	CONEXIONES DOMESTICO			CONEXIONES			
		CONEX.	OTROS MEDIOS			C/MED.	S/MED.	TOTAL	C/MED.	S/MED.	TOTAL	
2011	Base	7501	48%	52%	3600	828	0	0	0	15	3	18
2012	Base	7621	48%	52%	3658	841	165	0	165	18	0	18
2013	0	7743	55%	45%	4258	979	538	441	979	19	0	19
2014	1	7866	60%	40%	4720	1085	651	434	1085	20	0	20
2015	2	7992	65%	35%	5195	1194	776	418	1194	21	0	21
2016	3	8120	70%	30%	5684	1307	915	392	1307	22	0	22
2017	4	8249	75%	25%	6187	1422	1067	356	1422	23	0	23
2018	5	8381	80%	20%	6705	1541	1233	308	1541	24	0	24
2019	6	8515	90%	10%	7664	1762	1586	176	1762	25	0	25
2020	7	8651	95%	5%	8219	1889	1795	94	1889	26	0	26
2021	8	8789	96%	4%	8438	1940	1862	78	1940	27	0	27
2022	9	8930	97%	3%	8662	1991	1932	60	1991	28	0	28
2023	10	9073	97%	3%	8800	2023	1962	61	2023	29	0	29
2024	11	9218	97%	3%	8941	2055	1994	62	2055	30	0	30
2025	12	9365	97%	3%	9084	2088	2026	63	2088	31	0	31
2026	13	9515	97%	3%	9229	2122	2058	64	2122	32	0	32
2027	14	9667	97%	3%	9377	2156	2091	65	2156	33	0	33
2028	15	9821	97%	3%	9526	2190	2124	66	2190	34	0	34
2029	16	9978	97%	3%	9679	2225	2158	67	2225	35	0	35
2030	17	10137	97%	3%	9833	2261	2193	68	2261	36	0	36
2031	18	10299	97%	3%	9990	2297	2228	69	2297	37	0	37
2032	19	10464	97%	3%	10150	2333	2263	70	2333	38	0	38
2033	20	10631	97%	3%	10312	2371	2300	71	2371	39	0	39

AÑO	POBLACION	CONEXIONES ESTATALES			CONEXIONES SOCIALES			TOTAL CONEXIONES			
		C/MED.	S/MED.	TOTAL	C/MED.	S/MED.	TOTAL	C/MED.	S/MED.	TOTAL	
2011	Base	7501	1	2	3	0	0	0	168	681	849
2012	Base	7621	3	0	3	0	0	0	186	676	862
2013	0	7743	3	0	3	0	0	0	560	441	1001
2014	1	7866	3	0	3	0	0	0	674	434	1108
2015	2	7992	3	0	3	0	0	0	800	418	1218
2016	3	8120	3	0	3	0	0	0	940	392	1332
2017	4	8249	3	0	3	1	0	1	1094	356	1449
2018	5	8381	3	0	3	1	0	1	1261	308	1569
2019	6	8515	4	0	4	1	0	1	1616	176	1792
2020	7	8651	4	0	4	1	0	1	1826	94	1920
2021	8	8789	4	0	4	1	0	1	1894	78	1972
2022	9	8930	4	0	4	1	0	1	1965	60	2024
2023	10	9073	4	0	4	1	0	1	1996	61	2057
2024	11	9218	4	0	4	2	0	2	2030	62	2091
2025	12	9365	4	0	4	2	0	2	2063	63	2125
2026	13	9515	4	0	4	2	0	2	2096	64	2160
2027	14	9667	5	0	5	2	0	2	2131	65	2196
2028	15	9821	5	0	5	2	0	2	2165	66	2231
2029	16	9978	5	0	5	2	0	2	2200	67	2267
2030	17	10137	5	0	5	2	0	2	2236	68	2304
2031	18	10299	5	0	5	2	0	2	2272	69	2341
2032	19	10464	5	0	5	2	0	2	2308	70	2378
2033	20	10631	5	0	5	2	0	2	2346	71	2417

### C.4 DEMANDA DE AGUA EFECTIVA DURANTE EL PERIODO DE DISEÑO

AÑO	POBLACION	CONSUMO DE AGUA (lt/día)						DEMANDA DE AGUA (considerando pérdidas)					
		CONSUMO DOMESTICO	CONSUMO COMERCIAL	CONSUMO INDUSTRIAL	CONSUMO ESTATAL	CONSUMO SOCIAL	CONSUMO TOTAL	Qp (lt/seg)	Qp (m3/año)	Qp (m3/día)	Qmd (lt/seg)	Qmh (lt/seg)	
2011	Base	7501	584379	13.8348	0	12.48	0	584405.315	10.41	328166.06	899.09	13.53	18.73
2012	Base	7621	592861.5	13.608	0	11.7	0	592886.808	10.56	332928.75	912.13	13.72	19.00
2013	0	7743	667502.199	14.364	0	11.7	0	667528.263	11.04	348068.31	953.61	14.35	19.87
2014	1	7866	736280.789	15.12	0	11.7	0	736307.609	11.36	358336.37	981.74	14.77	20.45
2015	2	7992	806487.694	15.876	0	11.7	0	806515.27	11.67	367972.59	1008.14	15.17	21.00
2016	3	8120	878141.419	16.632	0	11.7	0	878169.751	12.71	400664.95	1097.71	16.52	22.87
2017	4	8249	951260.546	17.388	0	11.7	1.8	951291.434	13.76	434026.72	1189.11	17.89	24.77
2018	5	8381	1025863.73	18.144	0	11.7	1.8	1025895.37	14.84	468064.76	1282.37	19.29	26.72
2019	6	8515	1161043.67	18.9	0	15.6	1.8	1161079.97	16.80	529742.74	1451.35	21.84	30.24
2020	7	8651	1238966.32	19.656	0	15.6	1.8	1239003.37	17.93	565295.29	1548.75	23.30	32.27
2021	8	8789	1270749.47	20.412	0	15.6	1.8	1270787.28	18.39	579796.70	1588.48	23.90	33.09
2022	9	8930	1303205.24	21.168	0	15.6	1.8	1303243.81	18.85	594604.99	1629.05	24.51	33.94
2023	10	9073	1324030.46	21.924	0	15.6	1.8	1324069.78	19.16	604106.84	1655.09	24.90	34.48
2024	11	9218	1345188.46	22.68	0	15.6	3.6	1345230.34	19.46	613761.34	1681.54	25.30	35.03
2025	12	9365	1366684.58	23.436	0	15.6	3.6	1366727.21	19.77	623569.29	1708.41	25.71	35.59
2026	13	9515	1388524.2	24.192	0	15.6	3.6	1388567.59	20.09	633533.96	1735.71	26.12	36.16
2027	14	9667	1410712.81	24.948	0	19.5	3.6	1410760.86	20.41	643659.64	1763.45	26.53	36.74
2028	15	9821	1433256	25.704	0	19.5	3.6	1433304.81	20.74	653945.32	1791.63	26.96	37.33
2029	16	9978	1456159.43	26.46	0	19.5	3.6	1456208.99	21.07	664395.35	1820.26	27.39	37.92
2030	17	10137	1479428.86	27.216	0	19.5	3.6	1479479.18	21.40	675012.37	1849.35	27.83	38.53
2031	18	10299	1503070.14	27.972	0	19.5	3.6	1503121.21	21.75	685799.05	1878.90	28.27	39.14
2032	19	10464	1527089.2	28.728	0	19.5	3.6	1527141.02	22.09	696758.09	1908.93	28.72	39.77
2033	20	10631	1551492.08	29.484	0	19.5	3.6	1551544.67	22.45	707892.25	1939.43	29.18	40.40

## ANEXO D: CÁLCULO DE LA OFERTA DE AGUA POTABLE

Volumen de almacenamiento			
De regulación	25%	Promedio anual de la demanda	
Reserva	3.5%	Maximo consumo diario	
Contra incendio	50	m3	

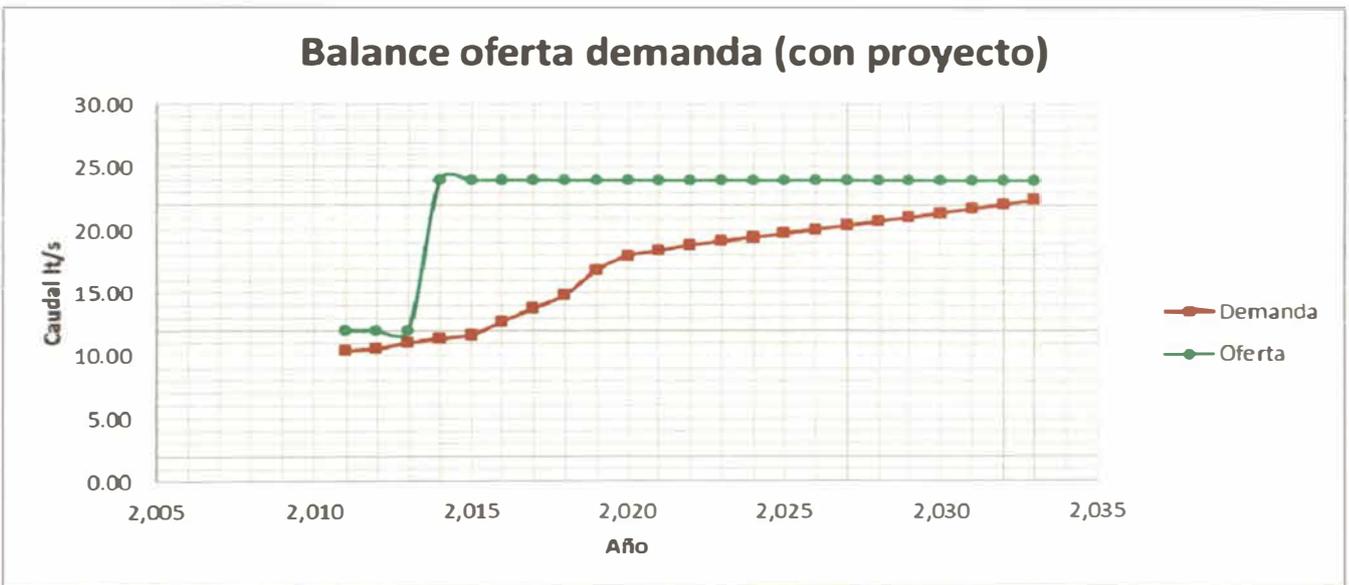
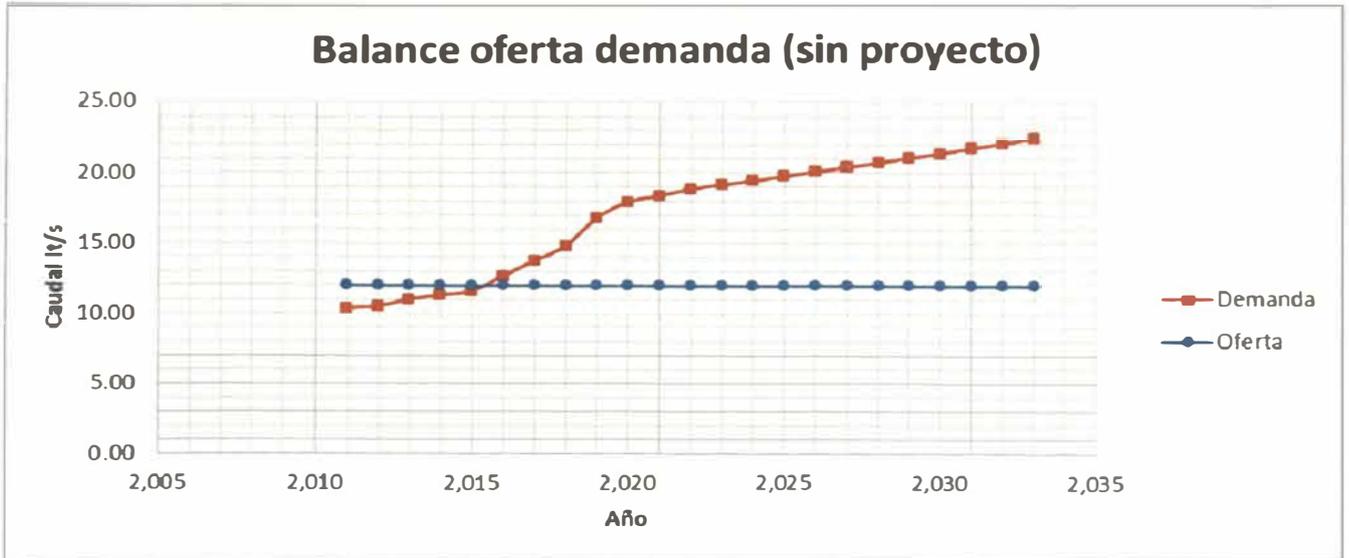
K1: 1.3

K2: 1.8

Con proyecto

Actual	Oferta de la fuente existente	12	lt/seg
Aumento del caudal	Oferta de la ampliación de la fuente existente	12	lt/seg
Oferta total		24.00	lt/seg

Año	Base	Demanda Total QP		Oferta actual (lt/seg.)	Oferta - Demanda Déficit / Superhabit (lt/seg.)	QMD (lt/seg)	QMH (lt/seg)	QB (lt/seg)	Volumen Demanda (dia)				Volumen Oferta (m3)	Balance Volumen Requerido (m3)	Oferta - Demanda Con la ampliación de la fuente existente (lt/seg)	Oferta - Demanda Déficit /
		(m3/año)	(lt/seg)						Vol. Reg. (m3)	Vol. Res. (m3)	Vol. Contra Incen. (m3)	Vol. Total (m3)				
		2,011	Base						328,164	10.41	12.00	1.59				
2,012	Base	332,929	10.56	12.00	1.44	13.72	19.00	18.30	304	42	50	396	1036.8	641	12.00	1.44
2,013	0	348,068	11.04	12.00	0.96	14.35	19.87	19.13	318	43	50	411	1036.8	626	12.00	0.96
2,014	1	358,336	11.36	12.00	0.64	14.77	20.45	19.70	327	45	50	422	1036.8	615	24.00	12.64
2,015	2	367,973	11.67	12.00	0.33	15.17	21.00	20.23	336	46	50	432	1036.8	605	24.00	12.33
2,016	3	400,665	12.71	12.00	-0.71	16.52	22.87	22.02	366	50	50	466	1036.8	571	24.00	11.29
2,017	4	434,027	13.76	12.00	-1.76	17.89	24.77	23.86	396	54	50	500	1036.8	536	24.00	10.24
2,018	5	468,065	14.84	12.00	-2.84	19.29	26.72	25.73	427	58	50	536	1036.8	501	24.00	9.16
2,019	6	529,743	16.80	12.00	-4.80	21.84	30.24	29.12	484	66	50	600	1036.8	437	24.00	7.20
2,020	7	565,295	17.99	12.00	-5.99	23.30	32.27	31.07	516	70	50	637	1036.8	400	24.00	6.07
2,021	8	579,797	18.39	12.00	-6.39	23.90	33.09	31.87	529	72	50	652	1036.8	385	24.00	5.61
2,022	9	594,605	18.85	12.00	-6.85	24.51	33.94	32.64	543	74	50	667	1036.8	370	24.00	5.15
2,023	10	604,107	19.16	12.00	-7.16	24.90	34.48	33.20	552	75	50	677	1036.8	360	24.00	4.84
2,024	11	613,761	19.46	12.00	-7.46	25.30	35.03	33.73	561	77	50	687	1036.8	350	24.00	4.54
2,025	12	623,569	19.77	12.00	-7.77	25.71	35.59	34.27	569	78	50	697	1036.8	340	24.00	4.23
2,026	13	633,534	20.09	12.00	-8.09	26.12	36.16	34.82	579	79	50	708	1036.8	329	24.00	3.91
2,027	14	643,660	20.41	12.00	-8.41	26.53	36.74	35.38	588	80	50	718	1036.8	319	24.00	3.59
2,028	15	653,945	20.74	12.00	-8.74	26.96	37.33	35.94	597	82	50	729	1036.8	308	24.00	3.26
2,029	16	664,395	21.07	12.00	-9.07	27.39	37.92	36.52	607	83	50	740	1036.8	297	24.00	2.93
2,030	17	675,012	21.40	12.00	-9.40	27.83	38.53	37.10	616	84	50	751	1036.8	286	24.00	2.60
2,031	18	685,799	21.75	12.00	-9.75	28.27	39.14	37.69	626	85	50	762	1036.8	275	24.00	2.25
2,032	19	696,758	22.09	12.00	-10.09	28.72	39.77	38.30	636	87	50	773	1036.8	264	24.00	1.91
2,033	20	707,892	22.45	12.00	-10.45	29.18	40.40	38.91	646	88	50	785	1036.8	252	24.00	1.55



## ANEXO E: CALCULO DEL VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO

Considerando 18 hr de bombeo de la fuente

K1: 1.3

K2: 1.8

Oferta de la fuente: 12 lt/seg

Volumen		
De regulación	25%	Promedio anual de la demanda
Reserva	3.5%	Maximo consumo diario
Contra incendio	50	m3

Reservorio apoyado	300	m3	Reservorio principal
Reservorio enterrado	0	m3	Vegueta alta
Reservorio apoyado	0	m3	San Isidro Zona Alta
Oferta de almacenamiento	300	m3	

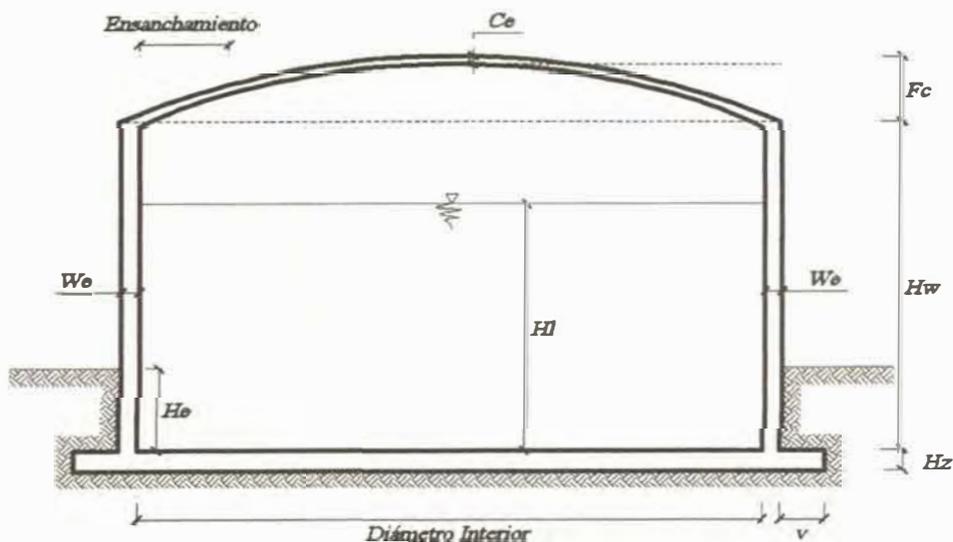
Año	Demanda Total QP (m3/año)	QMD (lt/seg)	QMH (lt/seg)	Volumen Demanda				Volumen Oferta (m3)	Oferta-Demanda		
				Vol. Reg. (m3)	Vol. Reserva. (m3)	Vol. Contra Incen. (m3)	Vol. Total (m3)		Oferta-Demanda Balance Volumen Requerido (m3)		
2,012	Base	332,929	10.56	13.72	19.00	304	42	50	396	300	-96
2,013	0	348,068	11.04	14.35	19.87	318	43	50	411	300	-111
2,014	1	358,336	11.36	14.77	20.45	327	45	50	422	300	-122
2,015	2	367,973	11.67	15.17	21.00	336	46	50	432	300	-132
2,016	3	400,665	12.71	16.52	22.87	366	50	50	466	300	-166
2,017	4	434,027	13.76	17.89	24.77	396	54	50	500	300	-200
2,018	5	468,065	14.84	19.29	26.72	427	58	50	536	300	-236
2,019	6	529,743	16.80	21.84	30.24	484	66	50	600	300	-300
2,020	7	565,295	17.93	23.30	32.27	516	70	50	637	300	-337
2,021	8	579,797	18.39	23.90	33.09	529	72	50	652	300	-352
2,022	9	594,605	18.85	24.51	33.94	543	74	50	667	300	-367
2,023	10	604,107	19.16	24.90	34.48	552	75	50	677	300	-377
2,024	11	613,761	19.46	25.30	35.03	561	77	50	687	300	-387
2,025	12	623,569	19.77	25.71	35.59	569	78	50	697	300	-397
2,026	13	633,534	20.09	26.12	36.16	579	79	50	708	300	-408
2,027	14	643,660	20.41	26.53	36.74	588	80	50	718	300	-418
2,028	15	653,945	20.74	26.96	37.33	597	82	50	729	300	-429
2,029	16	664,395	21.07	27.39	37.92	607	83	50	740	300	-440
2,030	17	675,012	21.40	27.83	38.53	616	84	50	751	300	-451
2,031	18	685,799	21.75	28.27	39.14	626	85	50	762	300	-462
2,032	19	696,758	22.09	28.72	39.77	636	87	50	773	300	-473
2,033	20	707,892	22.45	29.18	40.40	646	88	50	785	300	-485



## ANEXO F: MEMORIA DE CÁLCULO DEL RESERVORIO APOYADO 500 m<sup>3</sup>

### F.1 GEOMETRÍA DEL RESERVORIO

Volumen de almacenamiento	500 m <sup>3</sup>
Radio interior	5.65 m
Altura efectiva para el almacenamiento de agua ( $H_L$ )	5 m
Profundidad enterrada ( $H_E$ )	0.0 m
Altura Total del muro ( $H_W$ )	5.00 m
Flecha de diseño para la cúpula ( $F_C$ )	1.46m
Espesor de Muros ( $t_W$ )	0.30 m
Espesor de la Cúpula zona central ( $C_E$ )	0.10 m
Espesor de la Cúpula a 1 metro de la unión cúpula-muro ( $C_E$ )	0.15 m
Espesor de Fundación ( $H_Z$ )	0.25 m
Volado en Fundación ( $V$ )	0.40m



## F.2 CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES DEL RESERVORIO

Resistencia del Concreto,  $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$  a los 28 días.

Módulo de elasticidad  $E_c$  del Concreto, de acuerdo a ACI 350M-01 sección 8.5.1

$$15000\sqrt{f'_c} = 250998$$

Esfuerzo de fluencia del acero,  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

## F.3 ANALISIS ESTRUCTURAL DEL RESERVORIO

### F.3.1 ANÁLISIS SÍSMICO ESTÁTICO

ANÁLISIS (SEGÚN METODOLOGÍA: APÉNDICE A - ACI 350.3-01)

Cálculo de la Masa Efectiva, según ACI 350.3-01 sección 9.5.2:

$$\varepsilon = \left[ 0.0151 \left( \frac{D}{H_L} \right)^2 - 0.1908 \left( \frac{D}{H} \right) + 1.021 \right] \leq 1.0$$

$$W_e = \varepsilon W_w + W_r$$

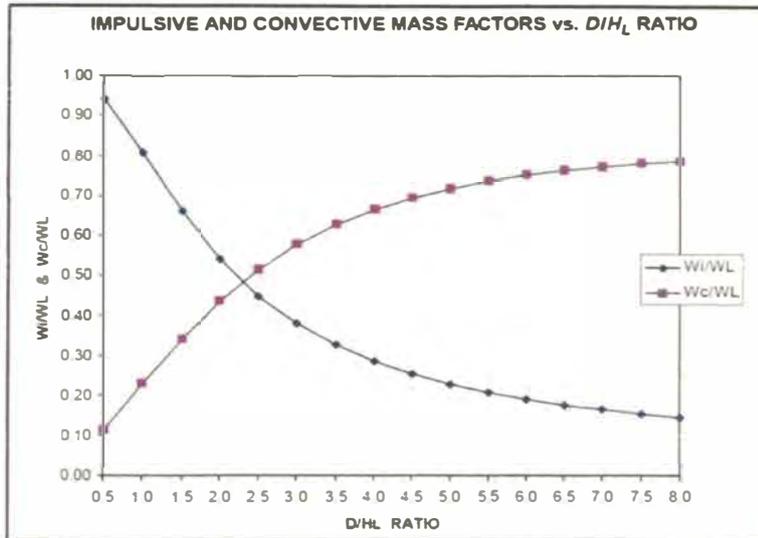
Cálculo de la masa efectiva por peso propio

Peso del Muro ( $W_w$ ) + Peso de la	143382.51 kg
Peso del Muro ( $W_w$ )	131192.91 kg
Peso de la Cúpula ( $W_r$ )	12189.60 kg
Diámetro Interior ( $D$ )	11.30 m
Altura Efectiva de Líquido ( $H_L$ )	5.00 m
Coefficiente de Masa Efectiva ( $\varepsilon$ ) ( por	0.67
Masa Efectiva ( $W_e$ ) ( por Peso Propio )	99684.35 kg

Cálculo de la Masa Efectiva del líquido almacenado, componente impulsiva ( $W_i$ ) y componente convectiva ( $W_c$ ), según ACI 350.3-01 sección 9.3.1:

$$\frac{W_i}{W_e} = \frac{\tanh[0.866(D/H_L)]}{0.866(D/H_L)}$$

$$\frac{W_c}{W_L} = 0.230(D/H_L)\tanh[3.68(H_L/D)]$$



Masa Convectiva vs D/HL y Masa impulsiva vs D/HL

Cálculo del peso para la componente convectiva e impulsiva

Masa Total del Líquido Almacenado ( WI)	500000.00 k g
D/ HI	1.13
W i / W I	0.77
W c / W I	0.26
Peso Equivalente de la Componente Impulsiva W i	384460.41 k g
Peso Equivalente de la Componente Convectiva W c	129564.98 k g

Cálculo de la frecuencia de vibración natural combinada ( $\omega_i$ ) de la estructura y el componente impulsivo del líquido almacenado, según ACI 350.3-01 sección 9.3.4:

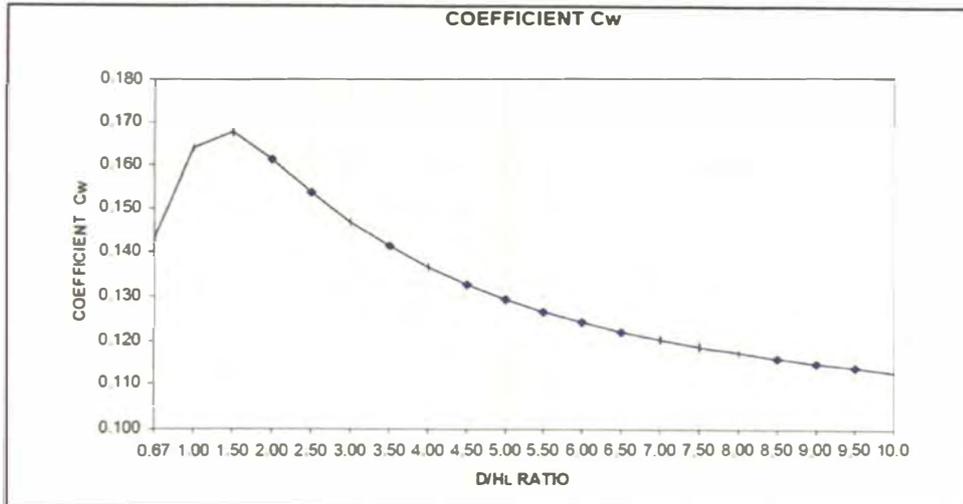
$$\omega_i = C_i * \frac{12}{H_L} \sqrt{\frac{E_c}{\rho_c}}$$

$$\omega_i = C_i * \frac{1}{H_L} \sqrt{\frac{10^3 E_c}{\rho_c}} \quad \text{en el SI}$$

$$C_i = C_w * 10 \sqrt{\frac{t_w}{12R}}$$

$$C_i = C_w * \sqrt{\frac{t_w}{10R}} \quad \text{en el SI}$$

$$T_i = \frac{2\pi}{\omega_i}$$



Coefficiente Cw vs D/HL

$$C_w = 9.375 * 10^{-2} + 0.2039 \frac{H_L}{D} - 0.1034 * \frac{H_L}{D}^2 - 0.1235 * \frac{H_L}{D}^3 + .1267 \frac{H_L}{D}^4 - 3.186 * 10^{-2} \frac{H_L}{D}^5 \quad (14)$$

Cálculo del periodo fundamental de oscilación componente impulsivo.

HI / D	0.44
Coef. Para det. Frecuencia Fund. Tanque-líquido ( C w )	0.1572
Espesor del Muro ( tw )	0.30 m
Radio circular interno R	5.65 m
Coef. Para det. Frecuencia Fund. Tanque-líquido ( C l )	0.3621
Resistencia a Compresión del Concreto ( f ' c )	280.00 k g / cm 2
Módulo de Elasticidad del concreto ( Ec )	252671.33
Densidad del concreto ( ρ c )	2.40 k N .s 2/ m 4
Frec. Circ. Del modo de vibración impulsivo ( w i )	743.019 rad/seg
Periodo F u n d. De Oscilación del Ta n q u e + C o m p .	0.00846

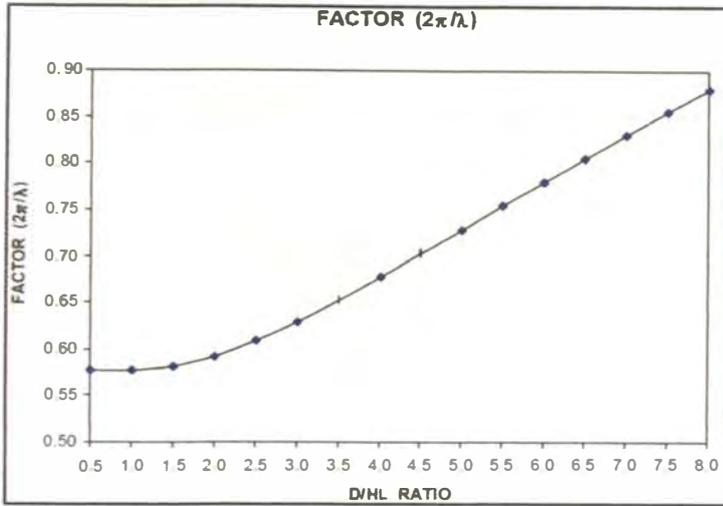
Cálculo de la frecuencia de vibración de la componente convectiva (wc), según ACI 350.3-01 sección 9.3.4:

$$\omega_c = \frac{\lambda}{D}$$

$$\lambda = \sqrt{3.68 * g * \tanh 3.68 H_L D}$$

$$T_C = \frac{2\pi}{\omega_c} = \frac{2\pi}{\lambda} D$$

$$T_c = \frac{2\pi}{\omega_c} = \left(\frac{2\pi}{\lambda}\right) \sqrt{D}$$



Factor (2π/λ) vs (D/H<sub>L</sub>)

Cálculo del periodo fundamental de oscilación componente convectivo.

Aceleración debido a la gravedad ( g )	9.81 m/s <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/>	10.4694
Frec. circular de vibración del primer modo convectivo ( w c )	3.114 rad/s
Periodo Natural del primer modo convectivo ( T <sub>c</sub> )	2.017 s

Parámetros para el Cálculo de la Fuerza Sísmica, según ACI 350.3-01 sección 4.2 y NTE E-030:

El factor de zona que corresponde a la Zona Sísmica del ACI 350.3 es similar a los valores especificados en la NTE E-030 sección 2.1. Por encontrarse en la zona de mayor amenaza sísmica, se tomará como Zona 3 con una aceleración de 0.40 g (según NTE E-030), lo que equivale a la Zona 4 del ACI 350.3-01.

Factor sísmico de zona.

Table 4 (a) Seismic zone factor Z *	
Seismic map zone †	Factor Z
1	0.08
2A	0.15
2B	0.20
3	0.30
4	0.40

\*The seismic zone factor Z represents the maximum effective peak acceleration (EPA) corresponding to a ground motion having a 90% probability of not being exceeded in a 50-year period.<sup>12</sup>

†See Fig. 4.1.

Factor sísmico de zona.

TABLA N° 01	
FACTORES DE ZONA	
ZONA	Z
3	0.4
2	0.3
1	0.15

Como valor para el parámetro del suelo, según la NTE E-030 le corresponde el Tipo S2 con un valor de 1.2, esta vez también el valor es muy similar al propuesto por el ACI 350.3-01.

Coeficiente factor de suelo.

Table 4(b)—Soil profile coefficient S		
Type	Soil profile description	Coefficient
A	A soil profile with either: (a) a rock-like material characterized by a shear wave velocity greater than 2500 ft/s (762 m/s), or by other suitable means of classification; or (b) medium-dense to dense or medium-stiff to stiff soil conditions where the soil depth is less than 200 ft (60 960 mm).	1.0
B	A soil profile with predominantly medium-dense to dense or medium-stiff to stiff soil conditions, where the soil depth exceeds 200 ft (60 960 mm).	1.2
C	A soil profile containing more than 20 ft (6096 mm) of soft to medium-stiff clay but not more than 40 ft (12 192 mm) of soft clay.	1.5
D	A soil profile containing more than 40 ft (12 192 mm) of soft clay characterized by a shear wave velocity less than 500 ft/s (152.4 m/s).	2.0
<p>Note: The site factor shall be established from properly substantiated geotechnical data. In locations where the soil properties are not known in sufficient detail to determine the soil profile, Type C shall be used. Soil Profile D need not be assumed unless the building official determines that Soil Profile D may be present at the site, or in the event that Soil Profile D is established by geotechnical data.</p>		

Factor sísmico de zona

TABLA N° 02			
PARAMETROS DE SUELO			
TIPO	DESCRIPCIÓN	Tp (seg)	S
S1	Roca o suelos muy rígidos	0.4	1
S2	Suelos intermedios	0.6	1.2
S3	Suelos flexibles o con estratos de gran espesor	0.9	1.4
S4	Condiciones excepcionale	*	*

La NTE E-030, categoriza a los reservorios como Edificación Esencial (A) al que le corresponde el factor 1.5. Se ve que la NTE E-030 no tiene mayores categorías para reservorios como el ACI 350.3-01, en el que categorizaríamos este modelo en el segundo tipo que corresponde a reservorios destinados a permanecer en uso para propósitos de emergencia en eventos sísmicos. Para este modelo usaremos el valor más alto de 1.5.

Coeficiente factor de Importancia.

Table 4(c)—Importance factor I	
Tank use	Factor I
Tanks containing hazardous materials*	1.25
Tanks that are intended to remain usable for emergency purposes after an earthquake, or tanks that are part of lifeline systems.	1.5
All other tanks	1
*For tanks containing hazardous materials, engineering judgment may require a factor I > 1.5 to account for the possibility of an earthquake greater than the design earthquake.	

Coefficiente factor de importancia.

TABLA N°3 CATEGORIA DE LAS EDIFICACIONES			FACTOR U
CATEGORIA	DESCRIPCION		
A	Edificaciones esenciales	Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después que ocurra un sismo, como hospitales, centrales de comunicaciones, cuarteles de bomberos y policía, subestaciones eléctricas, reservorios de agua. Centros educativos y edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre. También se incluyen edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, como grandes hornos, depósitos de materiales inflamables o tóxicos.	1.5
B	Edificios importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas como teatros, estadios, centros comerciales, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos, bibliotecas y archivos especiales. También se considerarán depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento	1.3
C	Edificaciones comunes	Edificaciones comunes, cuya falla ocasionar la pérdida de cuantía intermedia como viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios, fugas de contaminantes, etc.	1
D	Edificaciones menores	Edificaciones cuyas fallas causan pérdidas de menor cuantía y normalmente la probabilidad de causar víctimas es baja, como cercos de menos de 1,50m de altura, depósitos temporales, pequeñas viviendas temporales y construcciones similares.	(*)

(\*) En estas edificaciones, a criterio del proyectista, se podrá omitir el análisis por fuerzas sísmicas, pero deberá proveerse de la resistencia y rigidez adecuadas para acciones laterales.

Coefficiente modificación de respuesta.

Table 4(d)—Response modification factor $R_w$			
Type of structure	$R_{wi}$ on or above grade	Buried*	Buried* $R_{wc}$
(a) Anchored, flexible-base tanks	4.5	4.5	1.0
(b) Fixed- or hinged-base tanks	2.75	4.0	1.0
(c) Unanchored, contained, or uncontained tanks ‡	2.0	2.75	1.0
(d) Elevated tanks	3.0	---	1.0

\*Buried tank is defined as a tank whose maximum water surface at rest is at or below ground level. For partially buried tanks, the  $R_{wi}$  value may be linearly interpolated between that shown for tanks on grade, and for buried tanks.

† $R_{wi} = 4.5$  is the maximum  $R_{wi}$  value permitted to be used for any liquid-containing concrete structure.

‡Unanchored, uncontained tanks may not be built in Zones 2B or higher.

El Coeficiente de Modificación de Respuesta o coeficiente de reducción de fuerza sísmica si usáramos la NTE E-030 tendría un valor de 6, como en el parámetro anterior, vemos que el ACI 350.3-01 entrega valores para distintos tipos de reservorios, y son más restrictivos que la NTE E-030. AL necesitar

factores para las componentes impulsiva y convectiva usaremos los valores de  $R_{wi} = 2.75$  y  $R_{wc} = 1.00$  (Tipo b).

Coefficiente de reducción.

Tabla N° 6	
SISTEMAS ESTRUCTURALES	
Sistema Estructural	Coefficiente de Reducción, R Para estructuras regulares (*) (**)
<b>Acero</b>	
Pórticos dúctiles con uniones	9.5
<b>Otras estructuras de acero</b>	
Arriostres Excéntricos.	6.5
Arriostres en Cruz.	6
<b>Concreto Armado</b>	
Pórticos(1).	8
Dual(2).	7
De muros estructurales (3).	6
Muros de ductilidad limitada (4).	4
Albañilería Armada o Confinada(5).	3
Madera (Por esfuerzos admisibles)	7

Cálculo de los factores de amplificación espectral  $C_i$  y  $C_c$ , según ACI 350.3-01 sección 4.2:

Para  $T_i \leq 0.31 s$

$$C_i = \frac{2.75}{S}$$

Para  $T_i > 0.31 s$

$$C_i = \frac{1.25}{T_i^{2/3}} \leq \frac{2.75}{S}$$

Para  $T_c \geq 2.4 s$

$$C_c = \frac{6.0}{T_c^2}$$

Para  $T_c < 2.4 s$

$$C_c = 1.5 * \frac{1.25}{T_c^{2/3}} = \frac{1.875}{T_c^{2/3}} \leq \frac{2.75}{S}$$

Calculo factor de amplificación horizontal  $C_i$  y  $C_c$ .

Coeficiente representativo de las características del Suelo ( S )	1.2
Factor de Amplificación Espectral para el mov. Horizontal $C_i$	2.291
Factor de Amplificación Espectral para el mov. Horizontal $C_c$	1.174

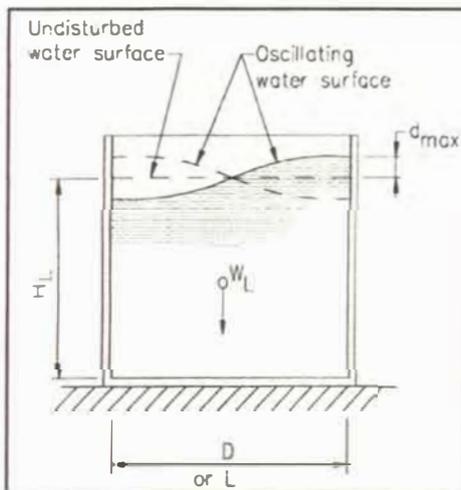
Cálculo del desplazamiento máximo del líquido contenido ( $d_{max}$ ), según ACI 350.3-01 sección 7.1:

(a)  $d_{max} = (L/2)(ZSI * C_c)$  *rectangular*

(b)  $d_{max} = (D/2)(ZSI * C_c)$  *circular*

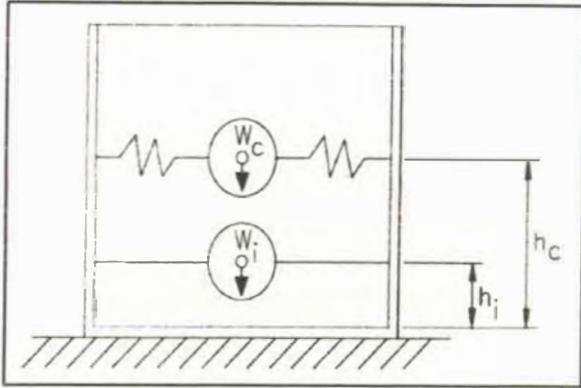
Calculo factor de amplificación horizontal  $C_i$  y  $C_c$ .

Factor de zona ( Z )	0.4
Factor de Importancia ( I )	1.5
Desplazamiento Máximo Vertical del líquido contenido ( $d_{max}$ )	4.78 cm



Esquema desplazamiento máximo.

Cálculo de las alturas al centro de gravedad de la ubicación de las componentes impulsivas y convectivas, según ACI 350.3-01 sección 9.3.2:



Ubicación centro de gravedad Sistema mecánico equivalente.

Para reservorios con  $\frac{D}{H_L} < 1.333$

$$\frac{h_i}{H_L} = 0.5 - 0.09375 \left( \frac{D}{H_L} \right)$$

Para reservorios con  $\frac{D}{H_L} \geq 1.333$

$$\frac{h_i}{H_L} = 0.375$$

$$\text{En todos los reservorios } \frac{h_c}{H_L} = 1 - \frac{\cosh\left[3.68\left(\frac{H_L}{D}\right)\right] - 1}{3.68\left(\frac{H_L}{D}\right) \sinh\left[3.68\left(\frac{H_L}{D}\right)\right]}$$

Calculo de la altura al centro de gravedad componente impulsiva y convectiva.

$h_i / H_L$	0.375
Altura al centro de Gravedad de la Comp. Impulsiva ( $h_i$ )	1.88 m
$h_c / H_L$	0.587
Altura al centro de Gravedad de la Comp. Convectiva ( $h_c$ )	2.94 m

Cálculo de las fuerzas laterales dinámicas, según ACI 350.3-01

Sección 4.1.1:

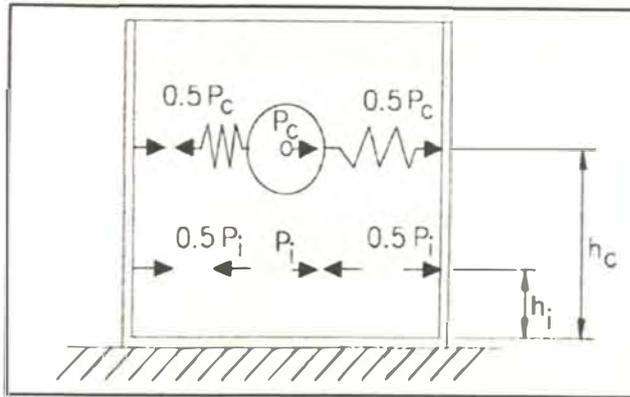
$$P_w = ZSIC_i * \epsilon \frac{W_w}{R_{wi}}$$

$$P_{w'} = ZSIC_i * \epsilon \frac{W_{w'}}{R_{w'}}$$

$$P_r = ZSIC_i * \epsilon \frac{W_r}{R_{wi}}$$

$$P_i = ZSIC_i * \frac{W_i}{R_{wi}}$$

$$P_c = Z S I c * \frac{W_c}{R_{wc}}$$



Sistema mecánico equivalente.

Calculo de fuerzas inerciales, fuerza laterales componente convectiva e impulsiva.

Factor de zona ( Z )	0.4
Factor de Importancia ( I )	1.5
Coeficiente representativo de las características del Suelo ( S )	1.2
Coef. De Modificación de Respuesta Fuerzas Impulsivas ( R <sub>w i</sub> )	2.75
Coef. De Modificación de Respuesta Fuerzas Convectivas ( R <sub>w c</sub> )	1
Peso Efectivo del Muro del Tanque ( $\epsilon \cdot W w$ )	87899.250 k g
Peso de la Cúpula Tanque ( W r )	12189.60 k g
Peso Equivalente de la Componente Impulsiva W i	245476.233 k g
Peso Equivalente de la Componente Convectiva W c	240621.075 k g
Factor de Amplificación Espectral para el mov. Horizontal C <sub>i</sub>	2.29
Factor de Amplificación Espectral para el mov. Horizontal C <sub>c</sub>	1.19
Fuerza Inercial Lateral por aceleración del Muro ( P w )	52496.850
F u erza Inercial Lateral por aceleración de la Cúpula ( P r )	7313.76
F u erza Lateral Impulsiva ( P i )	147285.7398
F u erza Lateral Convectiva ( P c )	203455.9459

### F.3.2 ANÁLISIS DINÁMICO ESPECTRAL HORIZONTAL

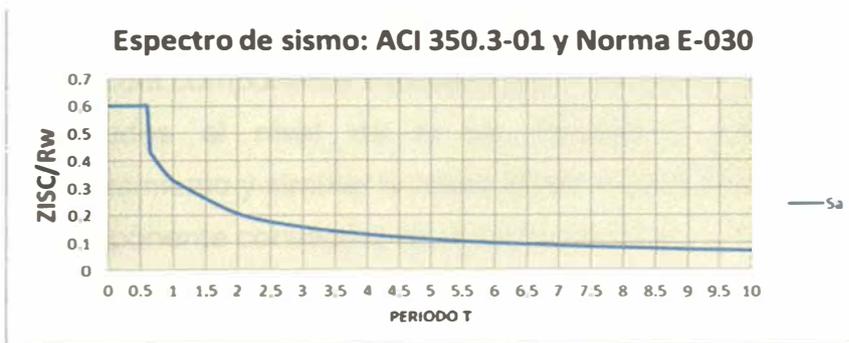
Parámetros Iniciales y Formulación de Espectros Inelásticos:

Se tomarán los valores siguientes especificados en el Análisis Estático:

Parámetros usados para el análisis dinámico.

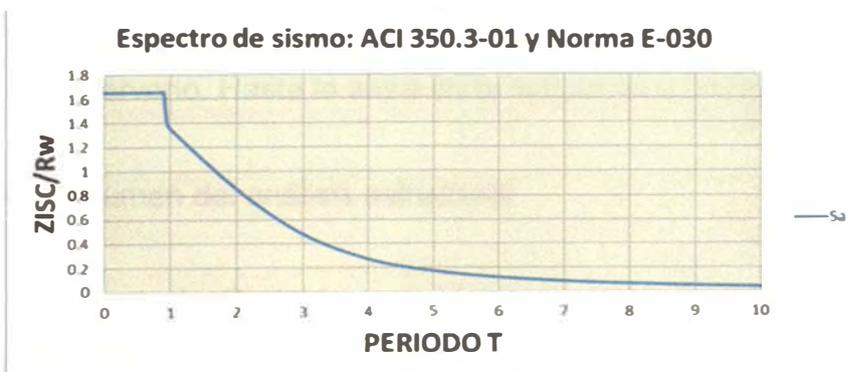
Factor de zona ( Z )	0.4
Factor de Importancia ( I )	1.5
Coeficiente representativo de las características del Suelo ( S )	1.2
Coef. De Modificación de Respuesta Fuerzas Impulsivas ( Rwi)	2.75
Coef. De Modificación de Respuesta Fuerzas Convectivas ( Rwc)	1
Factor de Amplificación Espectral para el mov. Horizontal Ci	2.29
Factor de Amplificación Espectral para el mov. Horizontal Cc	1.17

El Espectro de Diseño para evaluar las fuerzas inerciales producidas por el muro + cúpula + componente impulsivo, quedará de la siguiente manera.



Espectro de sismo - componente impulsiva.

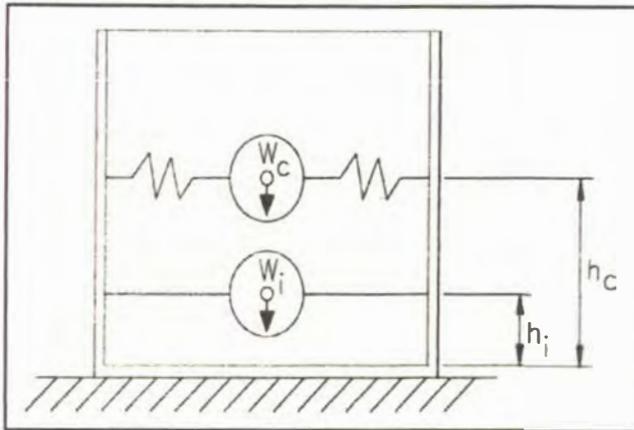
El Espectro de Diseño para el Componente Convectivo será el siguiente:



Espectro de sismo - componente convectiva.

- Modelamiento de la masa impulsiva y convectiva

Se tomarán los criterios desarrollados por Housner, G. W. Este modelo nos da buena aproximación en comparación a modelos más refinados



Ubicación centro de gravedad Sistema mecánico equivalente.

Se construyó un modelo tridimensional y se asignó un nudo central para asignar el peso del componente impulsivo ( $W_i = 384460.41 \text{ Kg}$ ), a una altura  $h_i$  (1.88 m). Los nudos al nivel de  $h_i$  se modelaron para que tengan un mismo desplazamiento y simular la masa  $W_i$  en movimiento con las paredes del tanque. La componente convectiva se modeló con el peso  $W_c = 129564.98 \text{ kg}$ , a una altura de  $h_c$  (2.94 m).

- Cargas por peso propio, cargas vivas, presión del agua

Las cargas por peso propio serán las que aporten los muros del reservorio y el techo. Como sobrecarga de diseño se asignará una carga mínima de  $50 \text{ Kg/m}^2$  sobre la cúpula del reservorio.

La presión del agua se modelará aplicando en todo el contorno de las paredes del reservorio. Hasta la altura en la que se encuentra, 5.00 m para el agua.

- Resumen del análisis estructural

Cálculo de la Cortante y el Momento Total en la Base, según ACI 350.3-01 sección 4.1.2 y 4.1.3:

La Cortante Basal será igual a la suma de las fuerzas inerciales del reservorio, más las fuerzas que promueven las componentes impulsiva y convectiva, más la

fuerza producida por la masa de suelo; la combinación de estas fuerzas se hará con el criterio de la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados.

$$V = \sqrt{(P_w + P_r + P_i)^2 + P_c^2}$$

$$M_w = P_w * h_w$$

$$M_r = P_r * h_r$$

$$M_i = P_i * h_i$$

$$M_c = P_c * h_c$$

$$M_b = \sqrt{(M_i + M_w + M_r)^2 + M_c^2}$$

- Análisis estático

Cálculo de momentos producto de las fuerzas sísmicas.

Cortante Total en la base (V)	290315.725 k g
Altura al centro de Gravedad del Muro (hw)	2.50 m
Altura al centro de Gravedad de la Cúpula (hr)	5.65 m
Altura al centro de Gravedad de la Comp. Impulsiva (hi)	1.875 m
Altura al centro de Gravedad de la Comp. Convectiva (hc)	2.94 m
Momento por aceleración del Muro (Pw)	131242.126 kg-m
Momento por aceleración de la Cúpula (Pr)	41322.74 kg-m
Momento por Fuerza Lateral Impulsiva (Pi)	276160.762 kg-m
Momento por Fuerza Lateral Convectiva (Pc)	597528.812 kg-m
Momento Total en la base (M b)	747258.573 kg-m

- Análisis dinámico

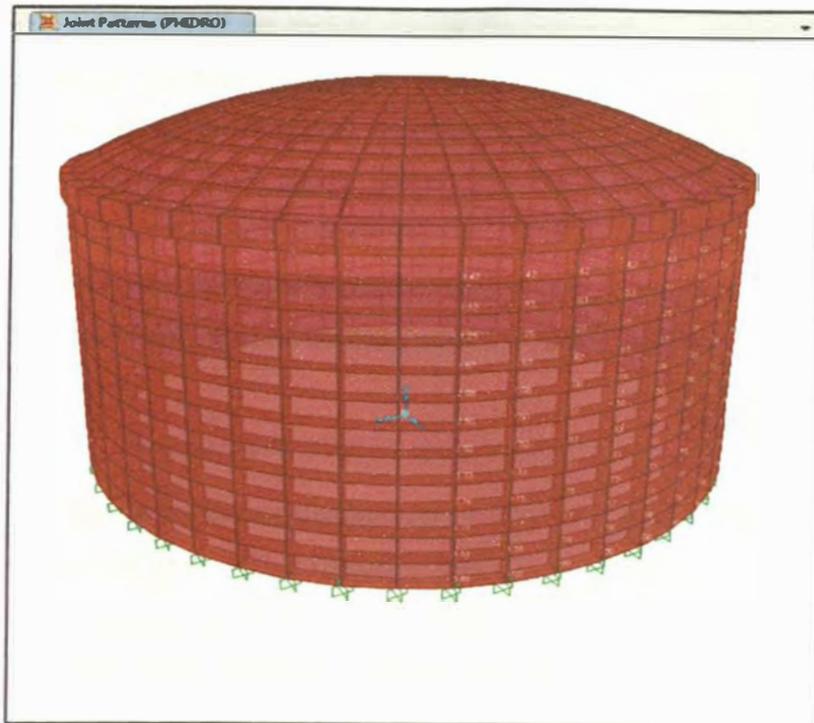
Cálculo de cortante.

Cortante Total en la base al 80% de Análisis Estático	232252.58 k g
Cortante Total en la base de Análisis Dinámico (V)	301073.177 k g
Factor a escalar espectro para el diseño	9.81

- Desplazamiento máximo

Cálculo del desplazamiento.

Desplazamiento en dirección de análisis	0.0083 cm
Altura a la que se ubica el punto	5.00 m
Deriva	0.0000571
Deriva máxima	0.007



Modelo del reservorio apoyado en SAP2000.

#### F.4 DISEÑO DE LAS PARTES DEL RESERVORIO

Factores de Mayoración de Carga y Reducción de Resistencia. Según ACI 350M-01 y ACI 318M-08. De ambos códigos se trabaja con el de reciente publicación, el ACI 318M-08. Se indican las siguientes combinaciones de cargas con los factores de mayoración de carga:

$$U = 1.4D + 1.7L$$

$$U = 1.2(D + L) + 1.0 E$$

$$U = 1.4D + 1.7L + 1.7F$$

$$U = 0.9D + 1.7F$$

$$U = 0.9D + 1.0 E$$

$$U = 1.2(D + F) + 1.6(L + H) + 0.5L_r$$

$$U = 1.2D + 1.6L_r + L$$

Donde

D = Cargas por Peso Propio, Cargas Muertas.

L = Cargas Vivas.

L<sub>r</sub> = Cargas de Techo.

H = Cargas por Presión de Suelos.

F = Cargas por Presión de Fluidos.

E = Cargas por Sismo

- Los factores de reducción de resistencia

Tensión Controlada = 0.9

Compresión Controlada, miembros con refuerzo en espiral = 0.75

Compresión Controlada, otros tipos de refuerzo = 0.65

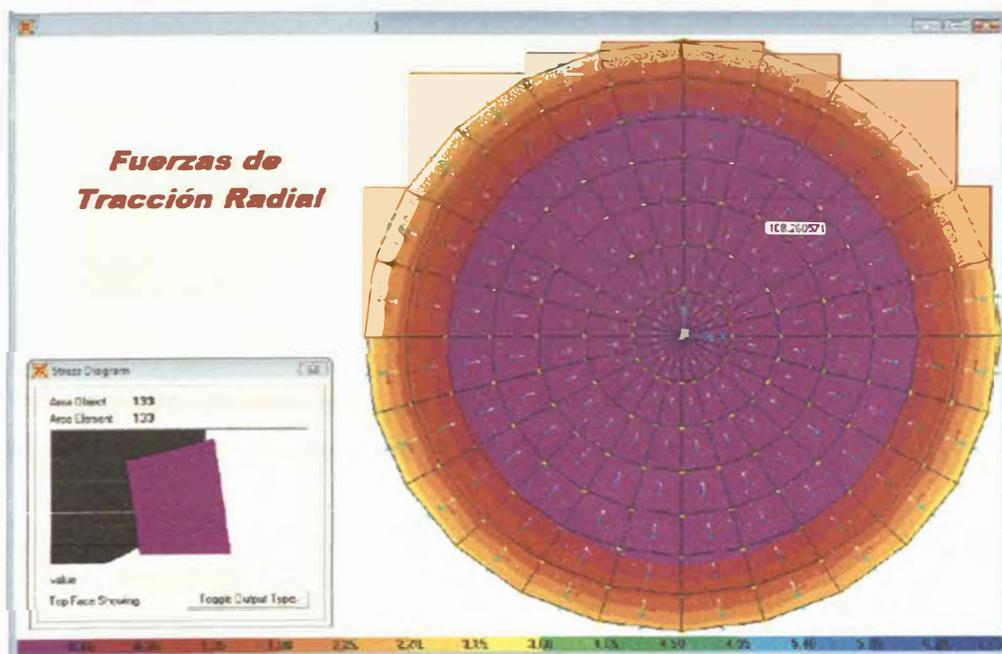
Cortante y Torsión = 0.75

Cortante en zonas sísmicas = 0.60

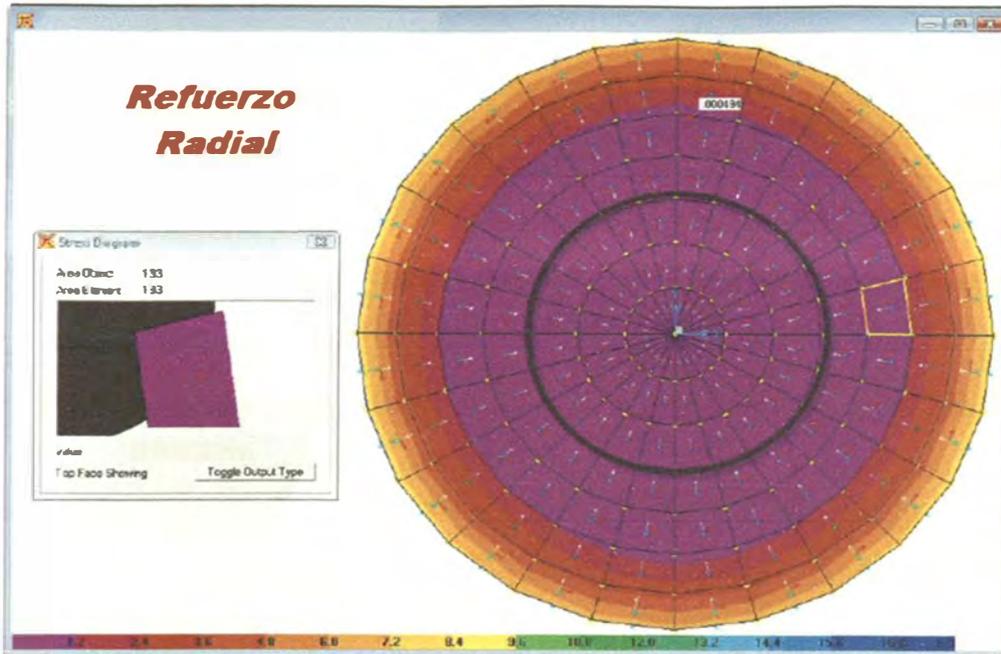
Juntas y reforzamiento diagonal en vigas = 0.85

- Diseño de la cúpula del reservorio.

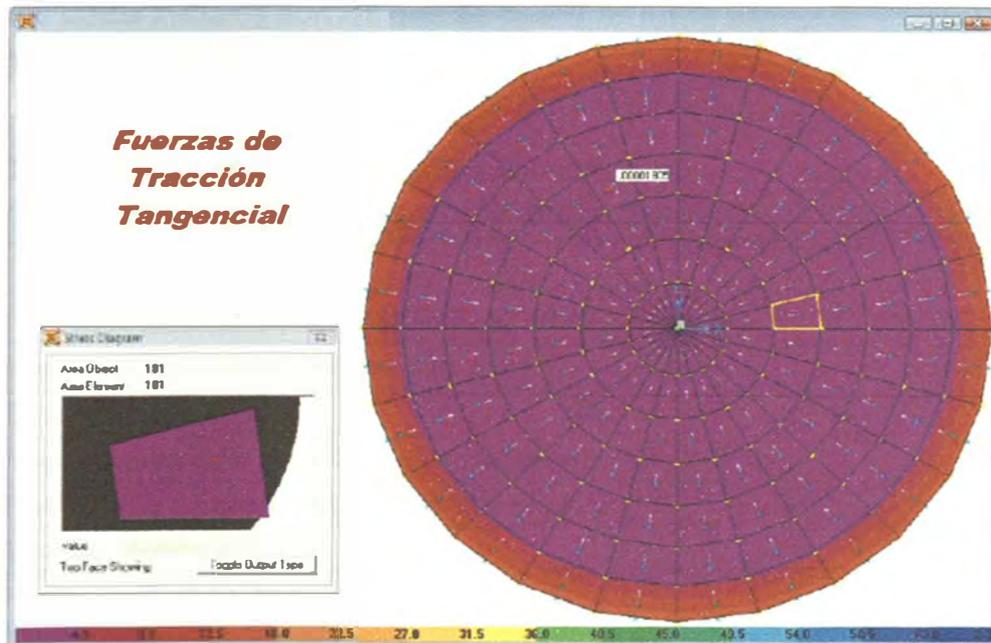
Se Tomarán las consideraciones indicadas en el capítulo 19: Cáscaras y losas Plegadas del ACI 318M-08. Según la sección 9.2.11, la resistencia de diseño será igual a  $0.40 f_c$ . La cuantía mínima a proporcionar será de acuerdo a la sección 7.12, igual a 0.0018. El Refuerzo se proporcionará para resistir los esfuerzos de tracción. Se verificará el diseño para los esfuerzos asociados a la acción de membrana (esfuerzos normales y cortantes) y los esfuerzos asociados a la flexión (momentos de flexión, torsión y sus cortantes). El refuerzo se proveerá en dos direcciones y en una sola capa. Se analizará primero la sección de la cúpula de 0.10 m.



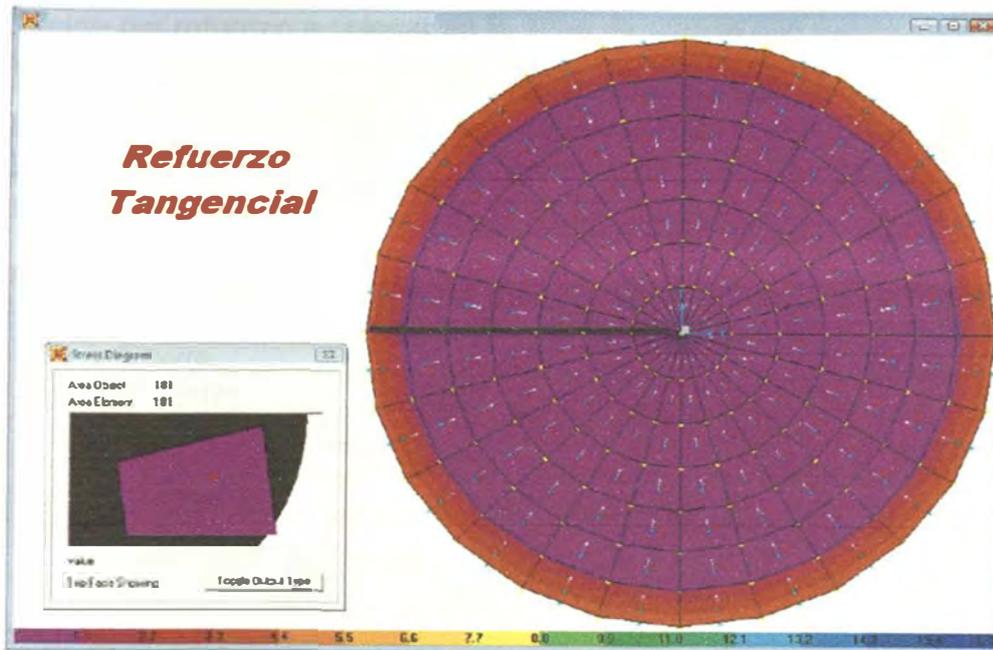
Fuerzas de tracción radial del reservorio apoyado en SAP2000



Refuerzo de tracción radial del reservorio apoyado en SAP2000



Fuerzas de tracción tangencial del reservorio apoyado en SAP2000



Refuerzo de tracción tangencial del reservorio apoyado en SAP2000

Los datos iniciales son los que se muestran en la tabla a continuación:  
Diseño de cúpula espesor 10 cm

Datos para el diseño de la cúpula del reservorio

Fluencia del Acero ( $f_y$ )	4200.00 kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia a Compresión del Concreto ( $f_c$ )	280.00 kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de Elasticidad del concreto ( $E_c$ )	252671.33 kg/cm <sup>2</sup>
Espesor de la Cúpula	0.10 m
Espesor promedio de la Cúpula, zona de ensanchamiento	0.125 m
Resistencia a Compresión de Diseño del Concreto ( $f_{dc}$ ) (19.2.11)	112.00 kg/cm <sup>2</sup>
Cuantía Mínima $\rho$ (7.12)	0.0018
Factor de Reducción a Tracción ( $\phi$ )	0.9

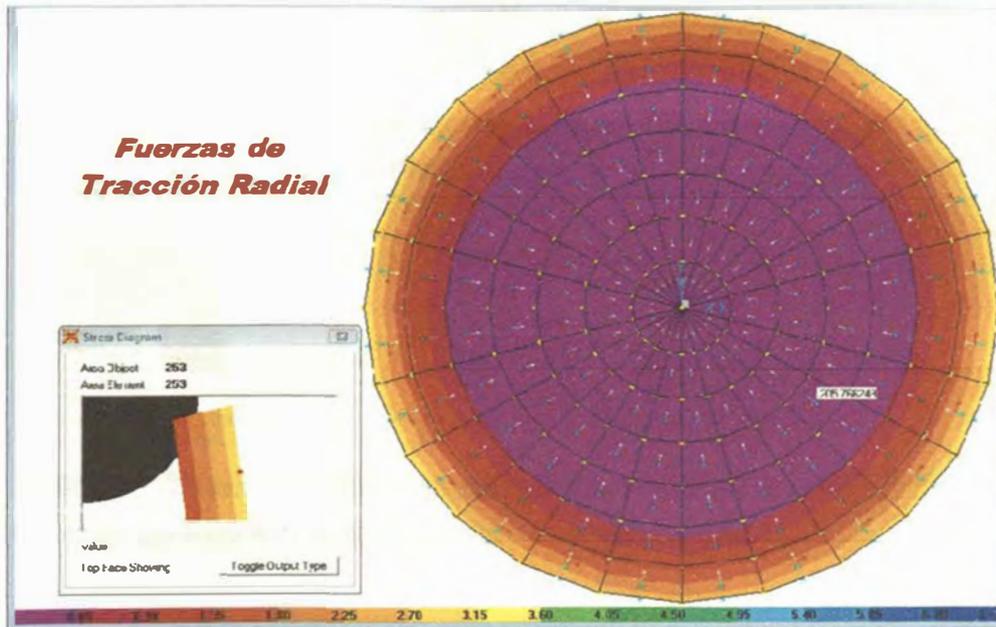
En ambas direcciones (radial y tangencial) se trabajan con cuantías mínimas. Se realizó la revisión ante efectos de momentos y cortantes.

Calculo del refuerzo a colocar en la zona de cúpula con espesor de 10cm.

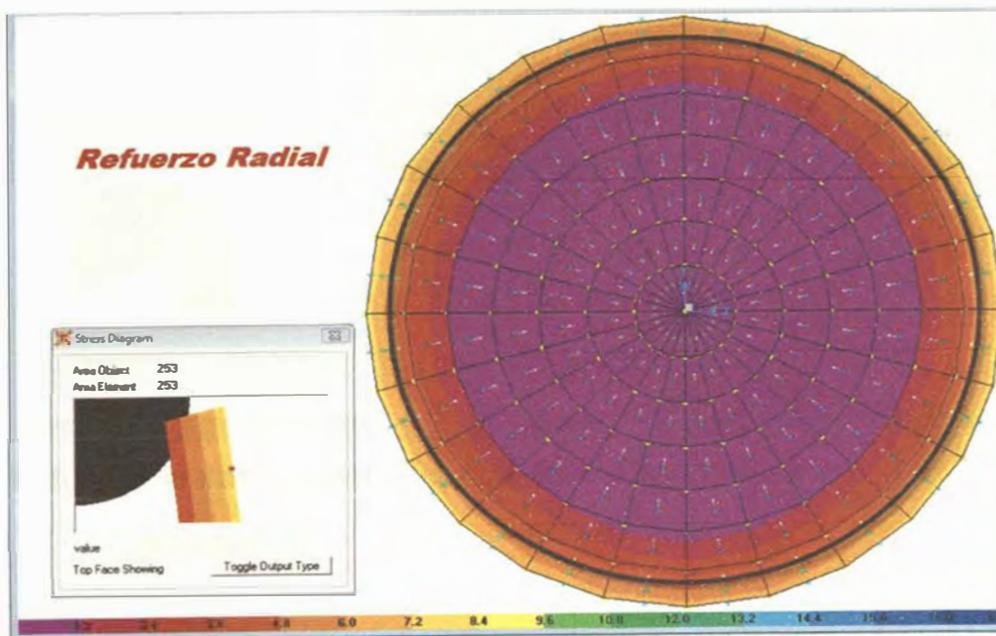
Esfuerzo de Tracción Radial S11	5.85 Tn / cm <sup>2</sup>
Longitud del elemento a evaluar	0.50 m
Fuerza de Tracción Radial N Des 1	165.00 K g
Área de acero requerida	0.044 cm <sup>2</sup>
Área de acero mínima requerida	0.900 cm <sup>2</sup>
Área de acero usada	0.900 cm <sup>2</sup>
Diámetro de barra	3/ 8"
Área de la barra	0.710 cm <sup>2</sup>
Cantidad de barras	1.27
Cantidad de barras a usar	2
Separación	0.250 m
Separación máxima	0.450 m
Separación a Usar	0.250 m
Se colocará varillas □ 3/ 8 @ 0.25 m	
<b>REVISIÓN A MOMENTO Y CORTANTE</b>	
Momento M 11 ( Radial)	10.00 k g - m
Peralte Efectivo	0.065 m
Cuantía necesaria p	0.00013
Área de A cero necesaria	0.0000041 cm <sup>2</sup>
S e colocará varillas □ 3/ 8 @ 0.25 m	
Cortante V 13 ( Radial)	0.79 K g
Cortante que resiste la sección propuesta	1184.02 K g
No necesita refuerzo por cortante	
<b>Refuerzo tangencial ( Acciones Membrana )</b>	
Esfuerzo de tracción tangencial S 22	2.10 Tn / m 2
Longitud del elemento a evaluar	0.40 m
Fuerza de tracción tangencial N Des 2	0.59 K g
Área de acero requerida	0.0005 cm 2
Área de acero mínima requerida	0.720 cm 2
Área de acero usada	0.720 cm 2
Diámetro de la barra	3/8"
Área de la barra	0.710 cm 2
Cantidad de barras	1.01
Cantidad de barras a usar	1
Separación	0.300 m
Separación máxima	0.450 m
Separación a usar	0.300 m
Se colocará varillas □ 3/ 8 @ 0.3 m	
<b>REVISIÓN A MOMENTO Y CORTANTE</b>	
Momento M 22 ( Tangencial)	8.48 k g - m
Peralte Efectivo	0.065 m
Cuantía necesaria p	0.00013
Área de acero necesaria	0.0000051 cm <sup>2</sup>
Se colocará varillas □ 3/ 8 @ 0.3 m	
Cortante V 23 ( Tangencial)	15.47 K g
Cortante que resiste la sección propuesta	947. 22K g
No necesita refuerzo por cortante	

Diseño de cúpula espesor 15 cm

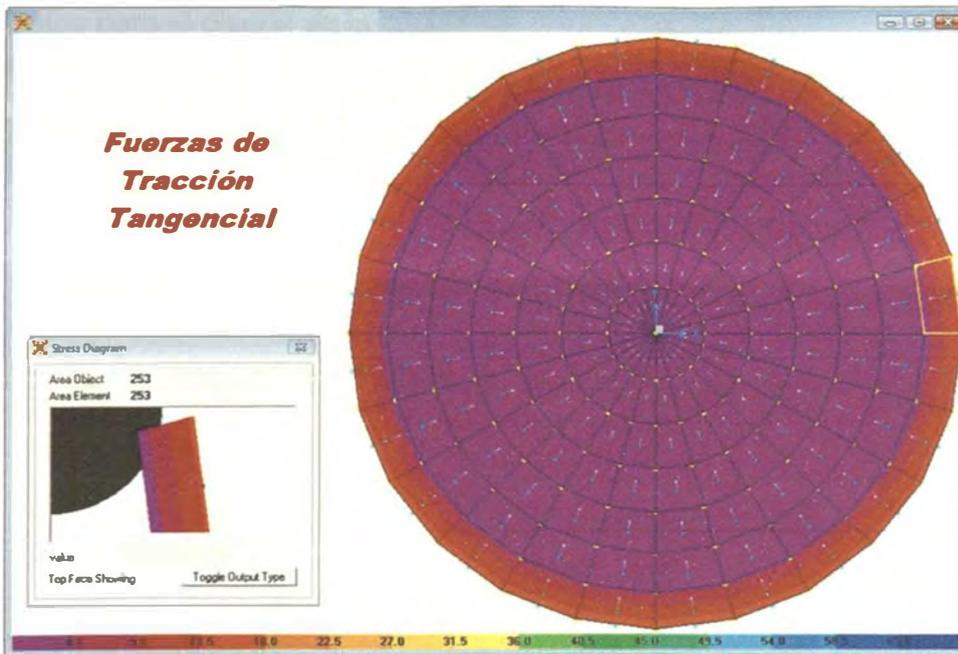
El siguiente paso será diseñar la zona de ensanchamiento de sección en la cúpula, se calculará para un espesor promedio de 12.5 cm.



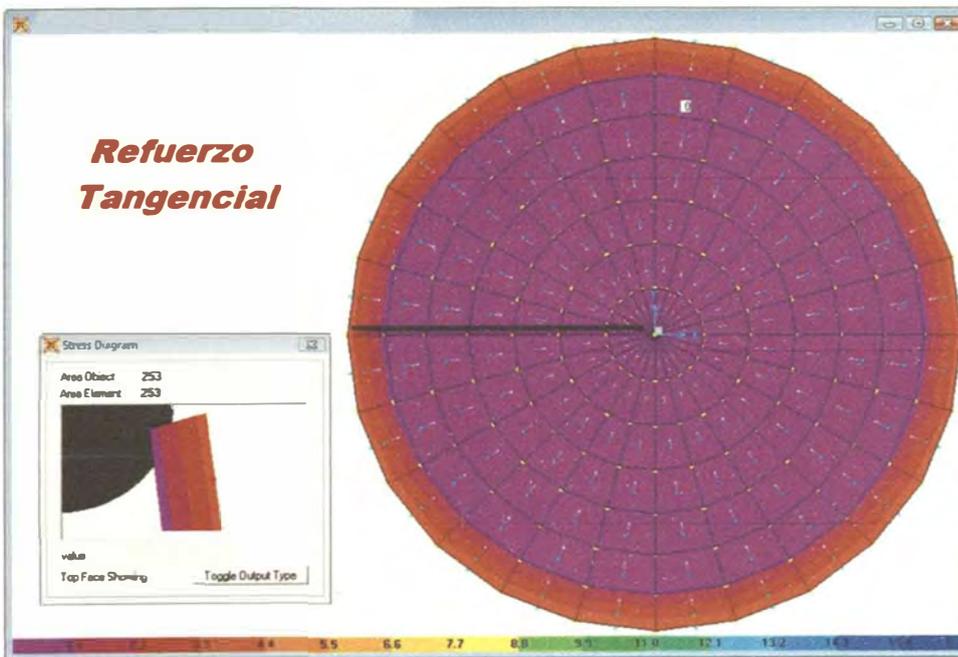
Fuerzas de tracción radial del reservorio apoyado en SAP2000.



Refuerzo de tracción radial del reservorio apoyado en SAP2000.



Fuerzas de tracción tangencial del reservorio apoyado en SAP2000.



Refuerzo de tracción tangencial del reservorio apoyado en SAP2000.

Datos para el diseño de la cúpula del reservorio.

Fluencia del Acero ( $f_y$ )	4200.00 k g / cm <sup>2</sup>
Resistencia a la compresión del concreto ( $f' c$ )	280.00 k g / cm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad del concreto ( $E_c$ )	252671.33 kg/cm <sup>2</sup>
Espesor promedio de la cúpula , zona de ensanchamiento	0.125 m
Resistencia a compresión de diseño de concreto ( $f' d c$ )	112.00 k g / cm <sup>2</sup>
Cuantía mínima $\rho$ ( 7.12)	0.0018
Factor de reducción a tracción ( $\phi$ )	0.9

Refuerzo radial (acciones membrana)

Esfuerzo de tracción Radial S 11	42.29 Tn/m <sup>2</sup>
Longitud de elemento a evaluar	0.50 m
Fuerza de tracción Radial N des 1	1479.56 K g
Área de acero requerida	0.391 cm <sup>2</sup>
Área de acero mínima requerida	1.125 cm <sup>2</sup>
Área de acero usada	1.125 cm <sup>2</sup>
Diámetro de barra	3/8"
Área de la barra	0.710 cm <sup>2</sup>
Cantidad de barras	1.58
Cantidad de barras a usar	2
Separación	0.250 m
Separación máxima	0.450 m
Separación a Usar	0.250 m
Se colocará varillas □ 3/ 8 @ 0.25 m	
<b>REVISIÓN A MOMENTO Y CORTANTE</b>	
Momento M11 ( Radial)	6.39 k g - m
Peralte Efectivo	0.065 m
C u a n t í a necesaria ρ	0.00008
Área de Acero necesaria	0.0000026 cm <sup>2</sup>
Se colocará varillas □ 3/ 8 @ 0.25 m	
Cortante V 13 ( Radial)	3.34 K g
Cortante que resiste a la sección propuesta	1184.02 K g
No necesita refuerzo por cortante	
<b>Refuerzo Tangencial ( Acciones Membrana )</b>	
Esfuerzo de tracción tangencial S 22	44.82 Tn / m <sup>2</sup>
Longitud de elemento a evaluar	0.90 m
Fuerza de tracción Tangencial N Des 2	1285.20 K g
Área de acero requerida	0.340 cm <sup>2</sup>
Área de acero mínima requerida	2.025 cm <sup>2</sup>
Área de acero usada	2.025 cm <sup>2</sup>
Diámetro de barra	3/8"
Área de la barra	0.710 cm <sup>2</sup>
Cantidad de barras	2.85
Cantidad de barras a usar	3
Separación	0.300 m
Separación máxima	0.450 m
Separación a U s a r	0.200 m
Se colocará varillas □ 3/ 8 @ 0.3 m	
<b>REVISION A MOMENTO Y CORTANTE</b>	
Momento M 22 (Tangencial)	45.74 kg -m
Peralte Efectivo	0.065 m
C u a n t í a necesaria ρ	0.00032
Área de Acero necesaria	0.0268371 cm <sup>2</sup>
Se colocará varillas □ 3/ 8 @ 0.3 m	
Cortante V 23 (Tangencial)	36.63 K g
Cortante que resiste a la sección propuesta	2131.24 K g
No necesita refuerzo por cortante	

- Diseño del muro del reservorio

Se tomarán las consideraciones indicadas en el capítulo 21: Estructuras

Resistentes a Fuerzas Sísmicas del ACI 318M-08. Según la tabla 1613.5.2 de la Norma IBC 2006, clasificamos el sitio en la categoría "D", y de acuerdo a la tabla R21.1.1 del capítulo 21 del ACI 318-M-08, debemos cumplir con la sección 21.9

Clasificación de acuerdo al sitio y al tipo de suelo.

TABLE 1613.5.2				
SITE CLASS DEFINITIONS				
SITE CLASS	SOIL PROFILE NAME	AVERAGE PROPERTIES IN TP 100 feet, SEE SECTION 1613.5.5		
		Soil shear wave velocity $V_s$ , (ft/s)	Standard penetration resistance, $\bar{N}$	Soil undrained shear strength, $S_u$ , (psf)
A	Hard rock	$V_s > 5,000$	N/A	N/A
B	Rock	$2,500 < V_s \leq 5,000$	N/A	N/A
C	Very dense soil and soft rock	$1,200 < V_s \leq 2,500$	$\bar{N} > 50$	$S_u \geq 2,000$
D	Stiff soil profile	$600 \leq V_s \leq 1,200$	$15 \leq \bar{N} \leq 50$	$1,000 \leq S_u \leq 2,000$
E	Soft soil profile	$V_s < 600$	$\bar{N} < 15$	$S_u < 1,000$
E	—	Any profile with more than 10 feet of soil having the following characteristics: 1. Plasticity index $PI > 20$ 2. Moisture content $w \geq 40\%$ , and 3. Undrained shear strength $S_u < 500$ psf		
F	—	Any profile containing soils having one or more of the following characteristics: 1. Soils vulnerable to potential failure or collapse under seismic loading such as liquefiable soils, quick and highly sensitive clays, collapsible weakly cemented soils. 2. Peats and/or highly organic clays ( $H > 10$ feet of peat and/or highly organic clay where $H$ = thickness of soil) 3. Very high plasticity clays ( $H > 25$ feet with plasticity index $PI > 75$ ) 4. Very Thick soft/medium stiff clays ( $H > 120$ feet)		

For SI: 1 foot=304.8, 1 square foot=0.0929m<sup>2</sup>, 1 pound per square foot = 0.0479 Kpa. N/A=Not applicable

Clasificación de acuerdo al sitio y al tipo de suelo.

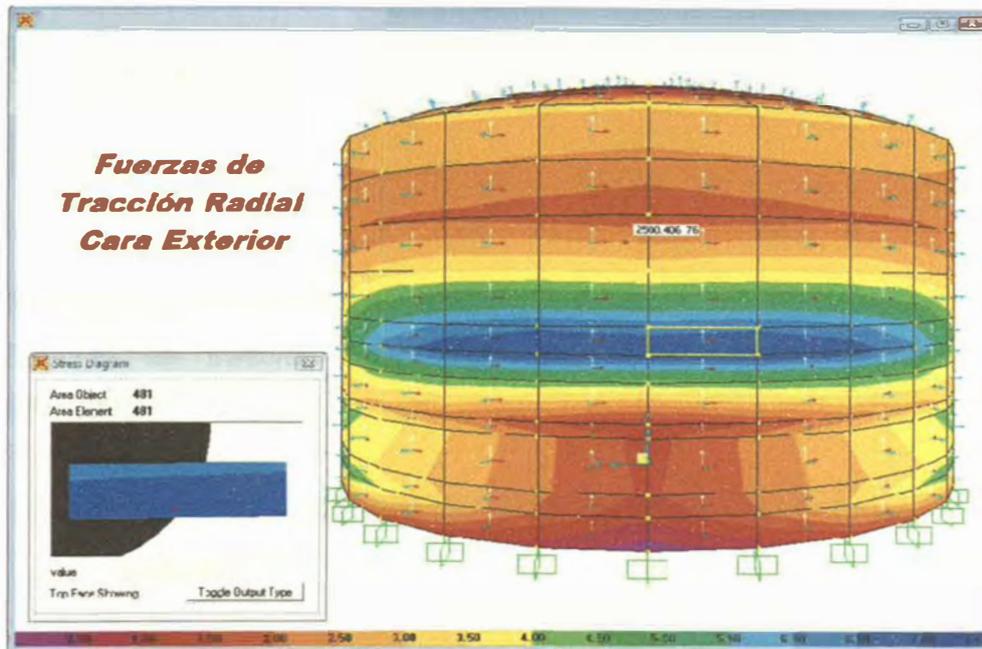
TABLE R21.1.1: SECTIONS OF CHAPTER 21 TO BE SATISFIED IN TYPICAL APPLICATIONS*				
Component resisting earthquake effect, unless otherwise noted	Seismic Design Category			
	A (none)	B (21.1.1.4)	C (21.1.1.5)	D,E,F (21.1.1.6)
Analysis and design requirements	None	21.1.2	21.1.2	21.1.2,21.1.3
Materials		None	None	21.1.4-21.1.7
Frame members		21.2	21.3	21.5,21.6,21.7, 21.8
Structural walls and coupling beams		None	None	21.9
Precast structural walls		None	21.4	21.4, 21.10
Structural diaphragms and trusses		None	None	21.11
Foundations		None	None	2.12
Frame members not proportioned to resist forces induced by earthquake motions		None	None	21.13
Anchors			None	21.18
			21.18	21.18

\*In addition to requirements of chapter 1 through 19, except as modified by Chapter 21. Section 22.10 also applies in SDC D,E, and F. As permitted by the legally adopted general building code of which this code forms a part.

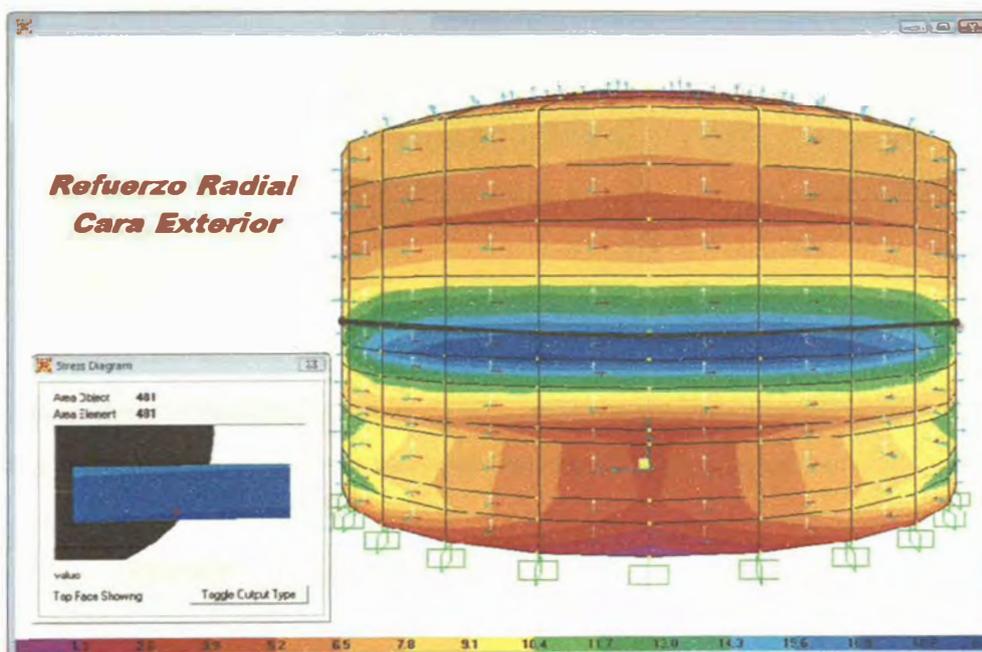
El muro de un reservorio trabaja para resistir esfuerzos de membrana en la dirección radial, en la dirección tangencial será más importante los efectos que producen los momentos y cortantes. El diseño está dado tanto para la cara exterior y la interior.

Datos para el diseño del muro (e=30 cm) del reservorio apoyado.

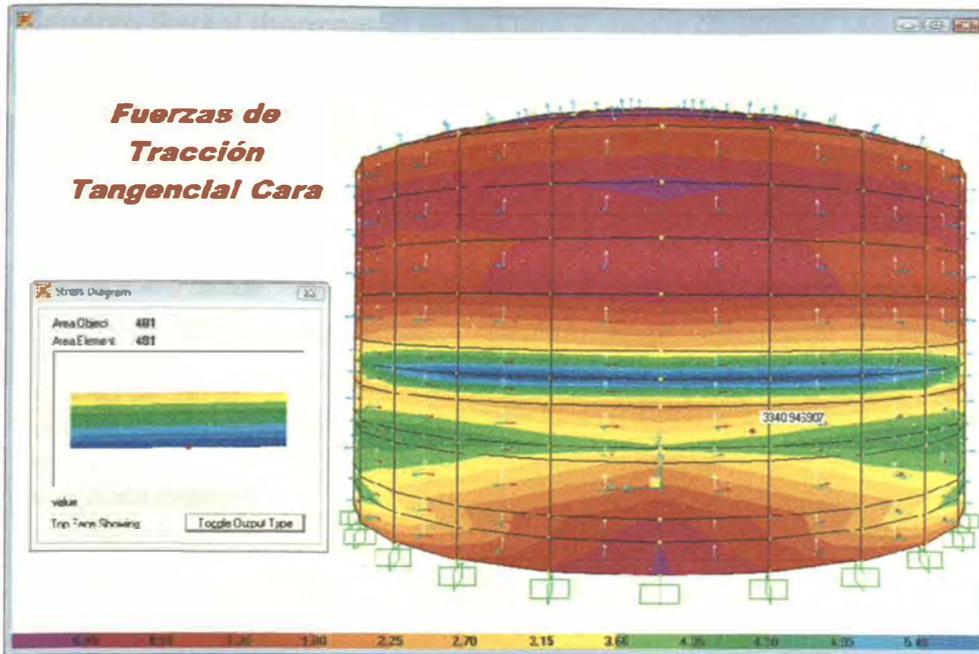
Fluencia del Acero ( $f_y$ )	4200.00 kg/cm <sup>2</sup>
Espesor promedio del muro	0.300 m
Resistencia a la compresión del concreto ( $f'c$ )	280.00 kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad del concreto ( $E_c$ )	252671.33 kg/cm <sup>2</sup>
Cuantía mínima $\rho$ ( 21.9.2.1)	0.0025
Factor de reducción a tracción ( $\phi$ )	0.9



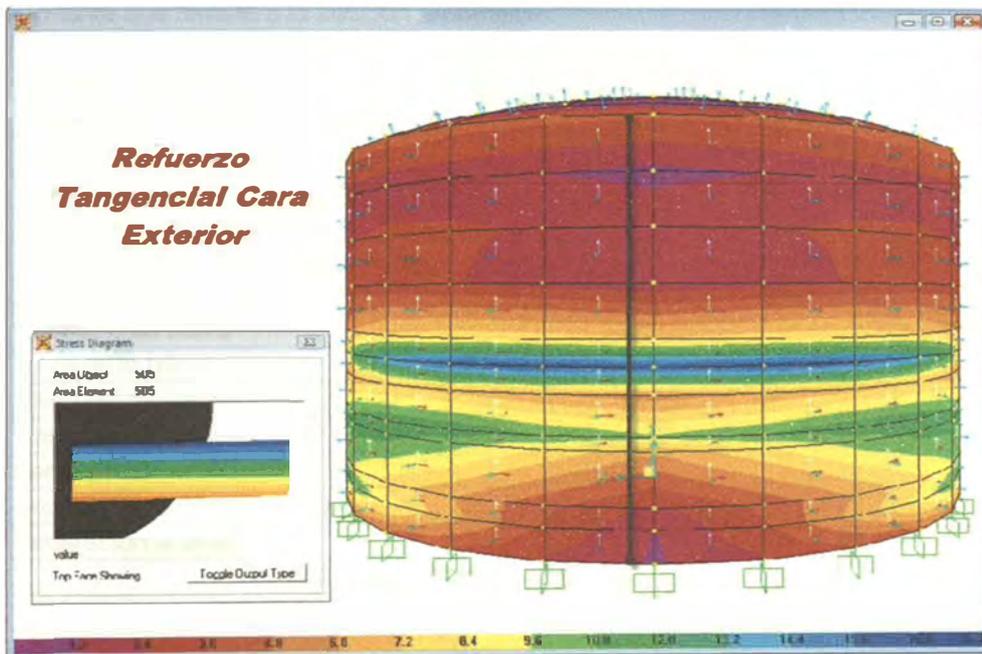
Fuerzas de tracción radial-cara exterior del reservorio apoyado en SAP2000.



Refuerzo radial-cara exterior del reservorio apoyado en SAP2000.



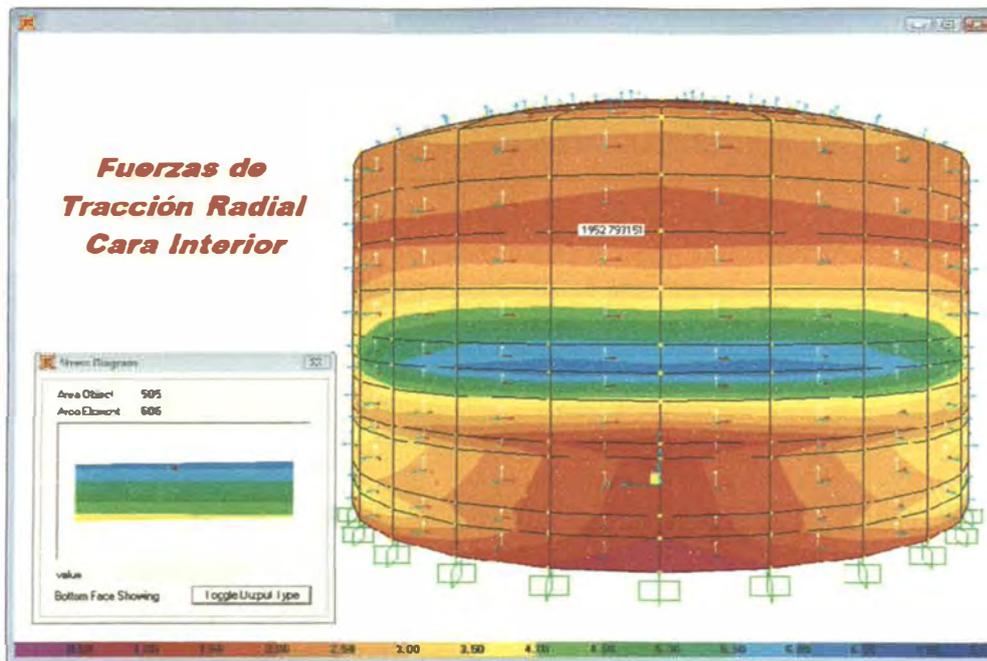
Fuerzas de tracción tangencial -cara exterior del reservorio apoyado en SAP2000.



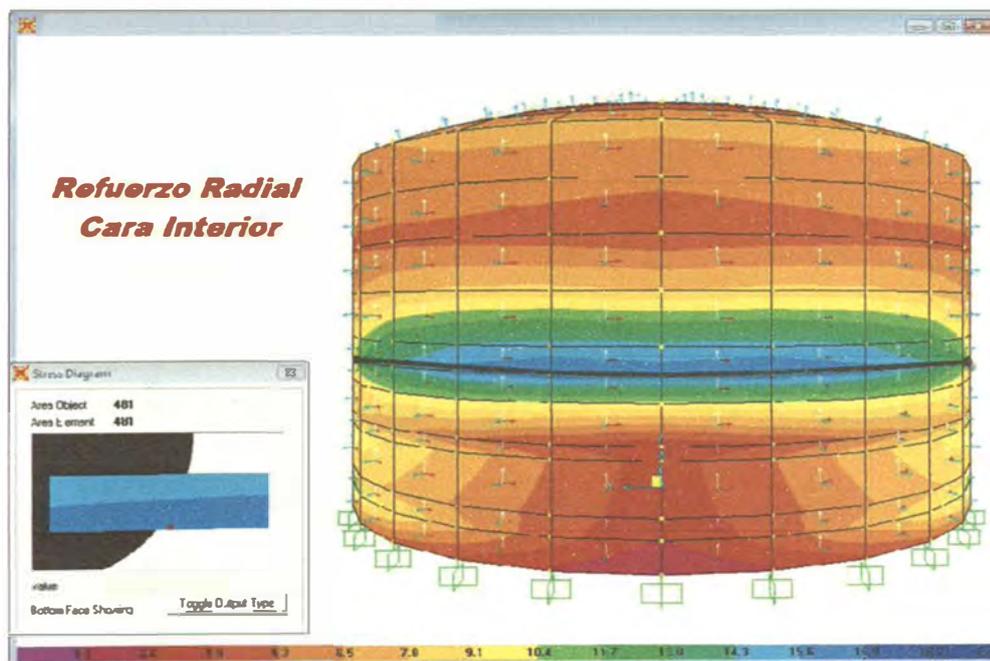
Refuerzo tangencial-cara exterior del reservorio apoyado en SAP2000.

## Refuerzo Radial (horizontal) en la Cara Exterior (Acciones Membrana)

Esfuerzo de tracción Radial S 11	66.608 Tn/m 2
Longitud de elemento a evaluar	0.50 m
Fuerza de tracción Radial N des 1	3918.00 K g
Área de acero requerida	0.7776 cm <sup>2</sup>
Área de acero mínima requerida	2.500 cm <sup>2</sup>
Área de acero usada	2.500 cm <sup>2</sup>
Diámetro de barra	1/2"
Área de la barra	0.994 cm <sup>2</sup>
Cantidad de barras	2.51
Cantidad de barras a usar	3
Separación	0.167 m
Separación máxima	0.450 m
Separación a usar	0.250 m
S e colocará varillas □ 1/ 2 @ 0.25 m	
<b>REVISION A MOMENTO Y CORTANTE</b>	
Momento M11 ( Radial)	91.17 k g - m
Peralte Efectivo	0.065 m
C u a n t í a necesaria ρ	0.00116
Á rea de A cero necesaria	0.376 cm <sup>2</sup>
Se colocará varillas □ 1/ 2 @ 0.25 m	
Cortante V 13 ( Radial)	39.23 K g
Cortante que resiste a la sección propuesta	1872.10 K g
No necesita refuerzo por cortante	
Refuerzo tangencial ( vertical) en la Cara Exterior ( Acciones membrana )	
Esfuerzo de tracción tangencial S 22	107.29 Tn / m 2
Longitud de elemento a evaluar	0.90 m
Fuerza de tracción Tangencial N Des 2	6698.316 K g
Á rea d e a cero requerida	1.477 cm 2
Á rea d e a cero mínima requerida	4.500 cm 2
Á rea d e a cero u s a d a	4.500 cm 2
Diámetro de barra	5/8"
Á rea de la barra	1.552 cm 2
Cantidad de barras	2.89
Cantidad de barras a usar	3
Separación	0.129 m
Separación máxima	0.450 m
Separación a usar	0.25 m
S e colocará varillas □ 5/8 @ 0.25 m	
<b>REVISION A MOMENTO Y CORTANTE</b>	
Momento M22 (Tangencial)	813.74 k g - m
Peralte Efectivo	0.065 m
C u a n t í a necesaria ρ	0.0061
Á rea de A cero necesaria	3.57 cm 2
Se colocará varillas □ 5/8 @ 0.25 m	
Cortante V 23 ( Tangen c i a l)	36.63 K g
Cortante que resiste la sección propuesta	3369.79 K g
No necesita refuerzo por cortante	



Fuerzas de tracción radial cara interior del reservorio apoyado en SAP2000.



Refuerzo Radial-cara interior del reservorio apoyado en SAP2000.



Refuerzo Radial (horizontal) en la Cara Interior (Acciones Membrana)

Esfuerzo de tracción Radial S 11	32.174 Tn / m 2
Longitud de elemento a evaluar	0.50 m
Fuerza de tracción Radial N des 1	3027.67 K g
Área de acero requerida	0.801 cm 2
Área de acero mínima requerida	2.500 cm 2
Área de acero usada	2.500 cm 2
Diámetro de barra	1/2"
Área de la barra	0.994 cm 2
Cantidad de barras	2.515
Cantidad de barras a usar	3
Separación	0.25
Separación máxima	0.450 m
Separación a usar	0.25 m
Se colocará varillas $\square 1/2 @ 0.25$ m	
REVISIÓN A MOMENTO Y CORTANTE	
Momento M11 ( Radial)	95.40 k g - m
Peralte Efectivo	0.065 m
Cuánta necesaria $\rho$	0.00121
Área de Acero necesaria	0.394 cm 2
Se colocará varillas $\square 1/2 @ 0.25$ m	
Cortante V 13 ( Radial)	40.38 K g
Cortante que resiste a la sección propuesta	1872.10 K g
No necesita refuerzo por cortante	
Refuerzo tangencial ( vertical) en la Cara Interior ( Acciones membrana )	
Esfuerzo de tracción tangencial S 22	107.76 Tn/m <sup>2</sup>
Longitud de elemento a evaluar	0.90 m
Fuerza de tracción Tangencial N Des 2	6639.852 K g
Área de acero requerida	1.464 cm 2
Área de acero mínima requerida	4.500 cm 2
Área de acero usada	4.500 cm 2
Diámetro de barra	5/8"
Área de la barra	1.552 cm 2
Cantidad de barras	2.899
Cantidad de barras a usar	3
Separación	0.25 m
Separación máxima	0.450 m
Separación a usar	0.25 m
Se colocará varillas $\square 5/8 @ 0.25$ m	
REVISIÓN A MOMENTO Y CORTANTE	
Momento M 22 (Tangencial)	813.74 k g - m
Peralte Efectivo	0.065 m
Cuánta necesaria $\rho$	0.0061
Área de Acero necesaria	3.57 cm 2
Se colocará varillas $\square 5/8 @ 0.25$ m	
Cortante V 23 ( Tangencial)	2116.54 K g
Cortante que resiste la sección propuesta	3369.79 K g
No necesita refuerzo por cortante	

## F.5 CONTROL DE FISURAMIENTO

De acuerdo a la norma ACI 350R-01 sección 7.12.2.1

Desde el punto de vista de darle protección al acero de refuerzo, es preferible tener anchos de grietas menores o iguales a 0.2mm.

$$Z = f_s \sqrt[3]{d_c * A}$$

Zmax=15500 kg/cm, para anchos de grieta menores o iguales a 0.20 mm.

fy	4200	kg/cm <sup>2</sup>
fs	1260	kg/cm <sup>2</sup>
∅"	5/8	pulg.
r=recubrimiento	5	cm
dc= r +∅"/2	5.78	cm
S=espaciamiento	25	cm
A=2*dc*S	289.06	cm <sup>2</sup>
Z=fs*(dc*A)^(1/3)	14952.31	kg/cm

### F.5.1 ANCHO DE GRIETA MÁXIMO

La ecuación que nos proporciona el ancho de la fisura en mm, derivada de la ecuación de Gergely-Lutz, es la siguiente:

$$w_{max} = 0.1086 * 10^{-4} \beta * f_s * \sqrt[3]{d_c * A}$$

a=cte	1.0860E-05	
b=beta	1.20	para vigas
fy	4200	kg/cm <sup>2</sup>
fs	1260	kg/cm <sup>2</sup>
∅"	5/8	pulg.
r=recubrimiento	5	cm
dc= r +∅"/2	5.78	cm
S=espaciamiento	25	cm
A=2*dc*S	289.06	cm <sup>2</sup>
wmax	0.19	mm

$$w = 0.19mm$$

$$w \leq 0.2mm \quad \text{se verifica!}$$

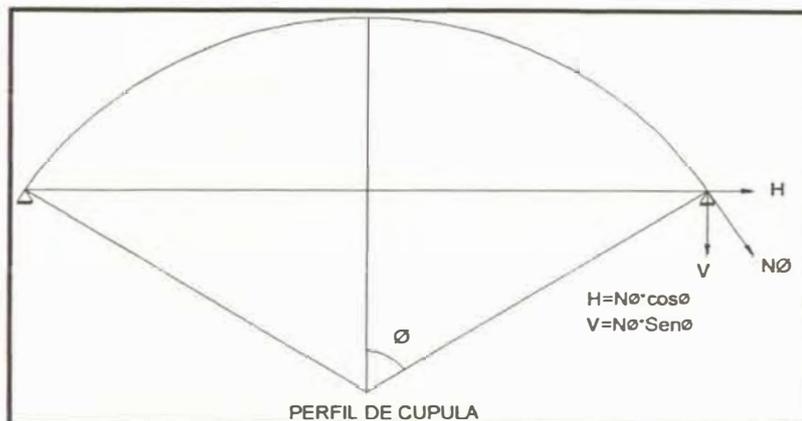
## F.6 DISEÑO DE ZAPATA CIRCULAR Y LOSA DE FONDO

### F.6.1 ZAPATA CIRCULAR

Verificación de la resistencia del suelo

Dimensionamiento en planta de la zapata (cargas de servicio)

Carga muerta ( $P_D$ ).- Peso propio de cúpula, componente vertical del esfuerzo circunferencial que actúa sobre el muro.



$$N_{\phi(D)} = \frac{W_D \cdot R}{1 + \cos \phi}$$

$W_D$  = peso propio de la cúpula por unidad de área 0.192 t/m<sup>2</sup>

$R$  = Radio de la cúpula 11.66 m

$\phi$  = Angulo central de la cúpula 33.64°

$$N_{\phi(D)} = 1.22 \text{ tn/m}$$

Componente vertical

$$P_{c(D)} = N_{\phi(D)} \cdot \text{sen } \phi \quad P_{c(D)} = 1.22 \cdot \text{sen}(33.64) \quad P_{c(D)} = 0.676 \text{ t/m}$$

Peso del anillo ó viga circular ( $P_V$ )

$$P_V = b \cdot h \cdot \gamma_c$$

Ancho de la base	b	0.40 m
Altura de la viga	h	0.40 m
Peso específico del concreto	$\gamma_c$	2.4 t/m <sup>3</sup>

$$P_V = 0.384 \text{ t/m}$$

Peso del muro ( $P_m$ )

$$P_m = H * t * \gamma_c$$

Altura del muro	H	5.0 m
Espesor del muro	t	0.30 m
Peso específico del concreto	$\gamma_c$	2.4 t/m <sup>3</sup>

$$P_m = 3.6 \text{ t/m}$$

Peso de la zapata ( $P_z$ )

$$P_z = B * L * h * \gamma_c$$

Ancho de la zapata	B	1.00 m
Largo de la Zapata	L	2.20 m
Altura de la zapata	h	.70m
Peso específico del concreto	$\gamma_c$	2.4 t/m <sup>3</sup>

$$P_z = 3.696 \text{ t/m}$$

Carga viva.- Sobrecarga que actúa ( $w_L$ ) sobre la superficie de la cúpula, componente vertical que actúa sobre el muro.

$$N_{\phi(L)} = \frac{W_L * R}{(1 + \cos \phi)}$$

Sobrecarga en la cúpula por unidad de área	$W_L$	0.1 t/m <sup>2</sup>
Radio de la cúpula	R	11.66 m
Angulo central de la cúpula	$\phi$	33.64°

$$N_{\phi(L)} = 0.636 \text{ t/m}$$

Componente vertical

$$P_{C(L)} = N_{\phi(L)} * \text{sen } \phi$$

$$P_{C(L)} = 0.352 \text{ t/m}$$

Peso del agua ( $P_a$ ) que actúa a nivel máximo del reservorio y ancho aproximado de 5 veces el espesor del muro.

$$P_a = \gamma * H * 5t$$

Carga por servicio (P)		
Peso específico del agua	$\gamma$	1 t/m <sup>3</sup>
Altura del nivel del agua	H	5 m
Espesor del muro	t	0.30 m

$$P_a = 7.5 \text{ t/m}$$

$$P_D = P_{C(D)} + P_V + P_M = 0.676 + 0.384 + 3.60 = 4.66 \text{ tn}$$

$$P_L = P_{C(L)} = 0.35 \text{ tn}$$

Carga por servicio (P)

$$P = P_D + P_L \quad P = 5.01 \text{ tn}$$

Del cálculo estructural del método Análisis Estático Lineal y Elástico de Cascara Axisimetrica para el cilindro.

Momento por cargas servicio (M)

$$\text{Para } M_D = 0.357 \text{ t-m} \quad M_L = 4.183 \text{ t-m} \quad M_S = 0.596 \text{ t-m}$$

$$M = M_D + M_L + M_S \quad M = 5.136 \text{ t-m}$$

Esfuerzo del terreno ( $\sigma$ )

$$\sigma = \frac{R}{L} \left( 1 \pm 6 \frac{e}{L} \right)$$

Resultante de las cargas actuantes y la ubicación de las resultantes	R
Excentricidad	e
Longitud de la zapata	L

Determinación de la resultante (R)

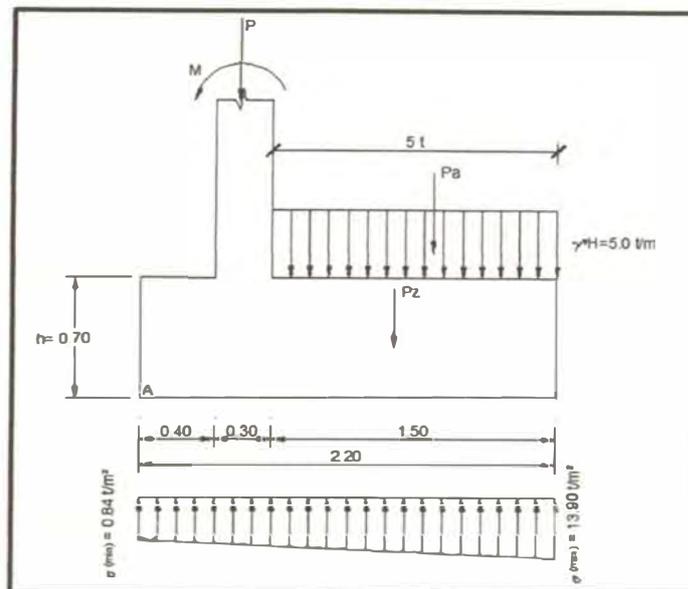
$$R = P + P_z + P_a$$

Carga ultima actuante	$P = 5.01 \text{ t/m}$
Peso de la zapata	$P_z = 3.696 \text{ t/m}$
Peso del agua	$P_a = 7.50 \text{ t/m}$

$$R = 16.206 \text{ t/m}$$

Excentricidad (e)

$$e = \frac{L}{2} - \bar{X}$$



Tomando momentos respecto del punto A

$$R \cdot \bar{X} = P \cdot d_1 + P_z \cdot d_2 + P_a \cdot d_3 - M$$

$$16.206 \cdot \bar{X} = 5.01 \cdot 0.55 + 3.696 \cdot 1.1 + 7.50 \cdot 1.45 - 5.136$$

$$\bar{X} = 0.775 \text{ m}$$

Es la ubicación de la resultante a partir del punto A. Considera el efecto del momento flector.

$$\text{Para: } L = 2.2 \text{ m} \quad \bar{X} = 0.775 \text{ m}$$

$$e = 0.325 \text{ m}$$

$$\text{Para: } R = 16.206 \text{ tn} ; L = 2.2 \text{ m} ; e = 0.325 \text{ m}$$

$$\sigma_{MAX} = \frac{R}{L} \left( 1 + 6 \frac{e}{L} \right) \quad \sigma_{MAX} = 13.896 \frac{tn}{m^2} < \sigma_t$$

$$\sigma_{MIN} = \frac{R}{L} \left( 1 - 6 \frac{e}{L} \right) \quad \sigma_{MIN} = 0.837 \frac{tn}{m^2} < \sigma_t$$

$$\sigma_t = 5.87 \frac{kg}{cm^2} \text{ Capacidad portante del suelo}$$

Diseño de la zapata en resistencia ultima

Carga última (Pu)

$$P_U = 1.4 * P_D + 1.7 * P_L$$

Para:  $P_D = 4.66 \text{ tn}$        $P_L = 0.35 \text{ tn}$

$$P_U = 7.119 \text{ tn}$$

Momento ultimo

$$M_U = 1.4 * M_D + 1.7 * M_L$$

Para:  $M_D = 0.357 \text{ t-m}$        $M_L = 4.183 \text{ t-m}$

$$M_U = 7.611 \text{ t-m}$$

Reacción neta última del terreno ( $\sigma_{NU}$ )

$$\sigma_{NU} = \frac{R}{L} \left( 1 \pm 6 \frac{e}{L} \right)$$

Resultante de las cargas actuantes y la ubicación de la resultante. Si cualquier columna esta sujeto a momento flexionante, el efecto de momento deberá tomado en consideración.	$\sigma_{NU}$
Excentricidad	e
Longitud de la zapata	L

Resultante de fuerzas (R)

$$R = P_U + 1.5 * P_z + 1.8 * P_a$$

Peso actuante	$P_U = 7.119 \text{ tn}$
Peso de la zapata	$P_z = 3.696 \text{ tn}$
Peso del agua	$P_a = 7.5 \text{ tn}$

$$R = 26.163 \text{ tn}$$

Excentricidad (e)

$$e = \frac{L}{2} - \bar{X}$$

$\bar{X}$  = Ubicación de la resultante de fuerzas verticales a partir del punto A. Considerar el momento flector actuante.

Tomando momento respecto al punto A.

$$R * \bar{X} = P_U * d1 + 1.8 * P_a * d2 + 1.5 * P_Z * d3 - M_U$$

$$\bar{X} = 0.734 \text{ m}$$

Resultante de fuerzas	$R = 26.163 \text{ tn}$
Peso actuante	$P_U = 7.119 \text{ tn}$
Peso del agua	$P_a = 7.5 \text{ tn}$
Peso de la zapata	$P_Z = 3.696 \text{ tn}$
Punto de aplicación de la resultante	$\bar{X} = 0.734 \text{ m}$
Distancia desde A al C.G. de la carga	$d1 = 0.55 \text{ m}$
Distancia desde A al C.G. de la carga de agua	$d2 = 1.1 \text{ m}$
Distancia desde A al C.G. de la carga de zapata	$d3 = 1.45 \text{ m}$

Para:  $\bar{X} = 0.734 \text{ m}$        $L = 2.2 \text{ m}$

$$e = 0.366 \text{ m}$$

e= ubicación de la resultante de fuerzas medido a partir del centro de la base.

$$\sigma_{MAX} = \frac{R}{L} \left( 1 + 6 \frac{e}{L} \right) \quad \sigma_{MAX} = 23.76 \frac{\text{tn}}{\text{m}^2} < \sigma_t$$

$$\sigma_{MIN} = \frac{R}{L} \left( 1 - 6 \frac{e}{L} \right) \quad \sigma_{MIN} = 0.022 \frac{\text{tn}}{\text{m}^2} < \sigma_t$$

### Armadura de la zapata circular

$M_{x-x} = \text{Momento (suelo)} - \text{Momento(zapata lado derecho)} - \text{Momento (peso de agua)}$

$$\text{Momento (suelo)} = (23.76 - 7.58) \left(\frac{1.50}{2}\right) \left(\frac{1.50}{3}\right) = 6.0675 \text{ t-m}$$

$$\text{Momento (zapata lado derecho)} = -(0.7 * 1.50 * 2.4) \left(\frac{1.50}{2}\right) = -1.89 \text{ t-m}$$

$$\text{Momento (peso de agua)} = -(7.5) \left(\frac{1.50}{2}\right) = -5.625 \text{ t-m}$$

$M_{x-x} = -1.45 \text{ t-m}$	$f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$
$b = 100 \text{ cm}$	$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
$d = 65 \text{ cm}$	$A_s = 2.60 \text{ cm}^2$

$$A_{S(MIN)} = \rho_{MIN} * b * d = 0.018 * 100 * 65 = 11.7 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento

$$\emptyset_{5/8} = 1.98 \text{ cm}^2 \quad S = \frac{2.85 * 100}{11.7} = 24.36 \text{ cm}$$

Se debe usar  $\emptyset 5/8$  @0.25m

Refuerzo transversal

Refuerzo de montaje

$$\text{Para } \emptyset 1/2'' \quad 36 \emptyset_p = 36 * 1.59 = 57.2 \text{ cm}$$

Refuerzo de temperatura

$$A_{ST} = 0.0018 * b * t = 0.0018 * 100 * 65 = 11.7 \text{ cm}^2$$

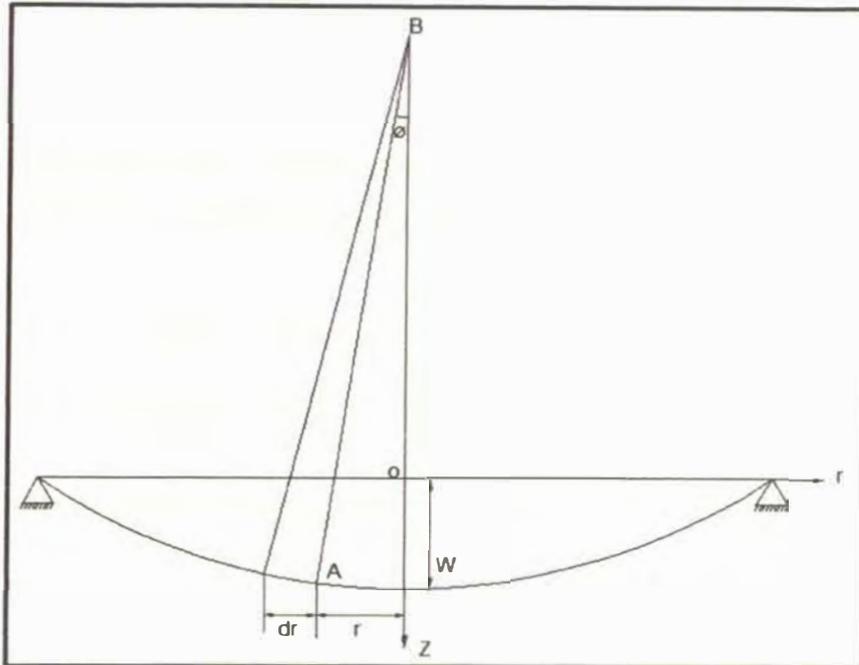
Espaciamiento

$$\text{Para } \emptyset 1/2'' = 1.27 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{1.97 * 100}{11.7} = 16.8 \text{ cm}$$

## F.6.2 LOSA CIRCULAR DE CONCRETO ARMADO DEL RESERVORIO

Ecuación diferencial de la flexión simétrica de placas circulares bajo carga transversal



Donde:

O: origen de coordenadas r-z

W: Flecha dirigida hacia abajo

r: Distancias radiales de los puntos del plano medio

A: Punto cualquiera de la deformada

Entonces para un punto genérico "A"

Pendiente:  $-\frac{dw}{dr}$

La curvatura de la superficie media de la placa en la sección media diametral r-z para pequeñas flechas.

$$\frac{l}{m} = -\frac{dw}{dr} = -\frac{d\phi}{dr}$$

$\phi$ : Ángulo pequeño que forma la normal a la deformada en "A" y el eje de simetría OB

Por razón de simetría se deduce que  $\frac{l}{m}$  es una de las curvas principales de la deformada en A. La segunda curvatura principal está situada en la sección que

pasa por la normal AB y es perpendicular al plano r-z. Viendo que las normales tales como AB, para todos los puntos de la superficie media situada a una distancia r, forman una superficie cónica de vértice B, se puede decir entonces que AB es el radio de la segunda curvatura principal  $r_t$ .

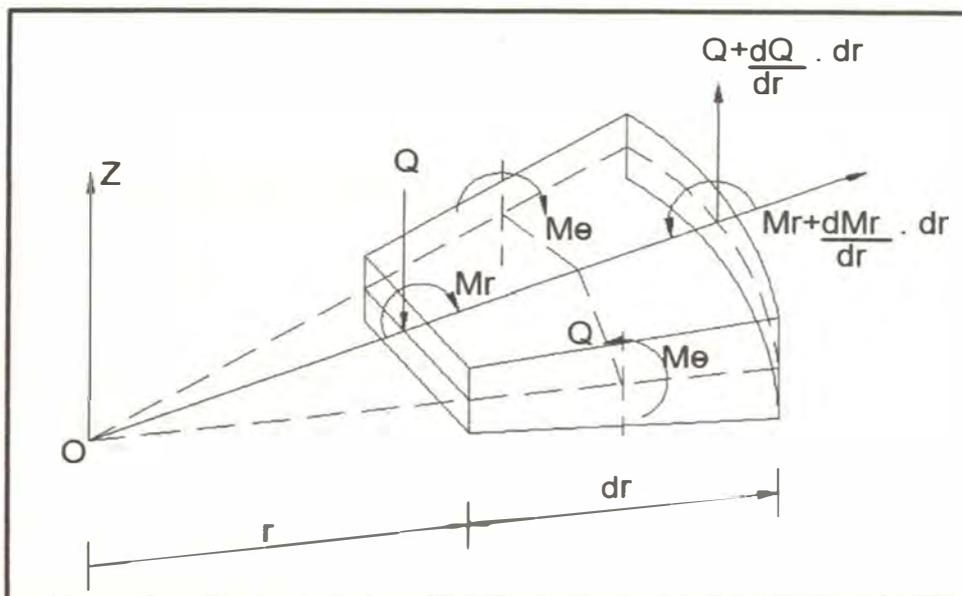
De donde según la figura anterior:

$$\frac{l}{r_t} = -\frac{l}{r} \frac{dw}{dr} = \varnothing$$

Conociendo las expresiones anteriores de las curvaturas principales, se pueden obtener los momentos flectores sabiendo que la expresión para flexión pura es.

$$M_r = -D \left( \frac{d^2w}{dr^2} + \frac{v}{r} \frac{dw}{dr} \right) = D \left( \frac{d\varnothing}{dr} + \frac{v}{r} d\varnothing \right) \dots\dots\dots (m)$$

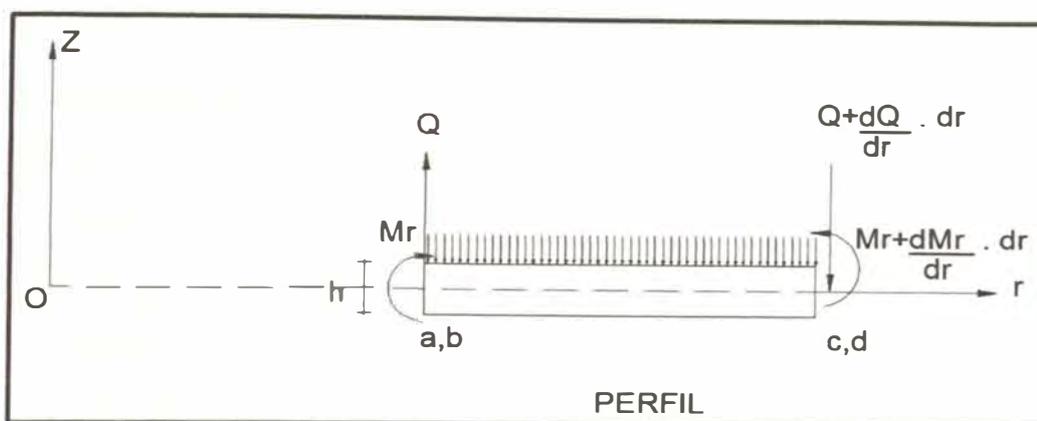
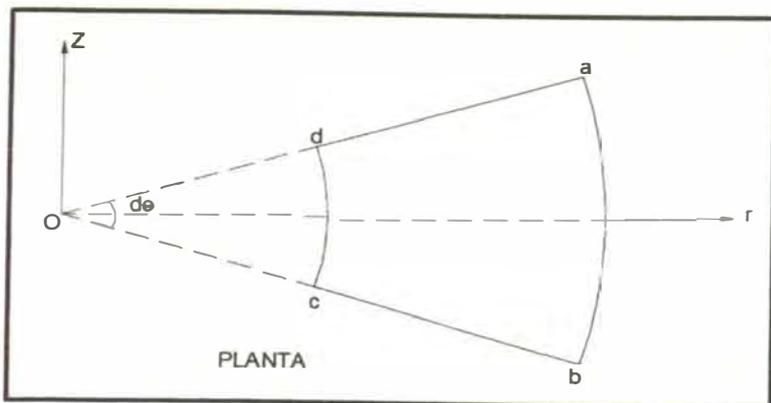
$$M_t = -D \left( \frac{l}{r} \frac{dw}{dr} + v \frac{d^2w}{dr^2} \right) = D \left( \frac{\varnothing}{r} + v \frac{d\varnothing}{dr} \right) \dots\dots\dots (n)$$



Donde  $M_r$  actúa a lo largo de la sección circular de la placa (momento flector por unidad y longitud) y  $M_t$  actúa a lo largo de la sección diametral rz de la placa (momento flector por unidad de longitud)

Las ecuaciones anteriores contienen una variable w ó  $\varnothing$  que puede determinarse considerando un elemento en equilibrio de la placa, sea abcd (ver figura siguiente) separado de la placa por dos secciones cilíndricas ab y cd y por dos secciones diametrales ad y bc.

El momento que actúa sobre cd es  $M_r * r d\theta \dots\dots(\alpha)$



El momento correspondiente a ab es:

$$\left( M_r + \frac{dM_r}{dr} dr \right) (r + dr) d\theta \dots \dots \dots (\beta)$$

Los momentos de los lados ad y bc son los dos iguales a  $M_t * dr$  y dan un momento resultante en el plano r ó z igual a:

$$M_t * dr * d\theta \dots \dots \dots (\theta)$$

Por razón de simetría se puede llegar a la conclusión de que los esfuerzos cortantes que actúa sobre el elemento, se anulan en las secciones diametrales de la placa pero persisten en las secciones cilíndricas tales como cd y ab. Sea Q el esfuerzo cortante por unidad de longitud de la sección cilíndrica de radio r, la fuerza total debida al esfuerzo cortante sobre el lado cd del elemento es  $Qrd\theta$  y la fuerza correspondiente sobre ab es:

$$\left[ Q + \left( \frac{dQ}{dr} \right) dr \right] (r + dr) d\theta$$

Despreciando la pequeña diferencia entre los esfuerzos cortantes sobre los lados opuestos del elemento, se puede afirmar que estas fuerzas dan un momento en el plano rz, igual a :

$$Q * r * d\theta * dr \dots \dots (\delta)$$

Sumando con los signos convenientes, los momentos  $(\alpha), (\beta), (\theta), (\delta)$  y despreciando el momento inducido por la carga exterior, por ser un infinitésimo de orden superior, se obtiene la ecuación de equilibrio del elemento abcd.

$$\left( M_r + \frac{dM_r}{dr} dr \right) (r + dr) d\theta - M_t * dr * d\theta + Q * r * d\theta * dr = 0$$

Despreciando los infinitésimos de orden superior

$$M_r + \frac{dM_r}{dr} * r - M_t + Q * r = 0 \dots \dots (p)$$

Sustituyendo Mr y Mt por sus valores en (m) y (n) la ecuación (p) será:

$$\frac{d^2\phi}{dr^2} + \frac{l}{r} * \frac{d\phi}{dr} - \frac{\phi}{r^2} = -\frac{Q}{D} \dots \dots (q)$$

O también

$$\frac{d^3W}{dr^3} + \frac{l}{r} \frac{d^2W}{dr^2} - \frac{l}{r^2} \frac{dW}{dr} = \frac{Q}{D} \dots \dots (r)$$

El esfuerzo cortante Q se calcula fácilmente en cada caso particular de placa circular simétricamente cargada, dividiendo la carga distribuida en el círculo de radio r por  $2\pi r$ , se determina entonces la pendiente  $\phi$  y la flecha W de la placa mediante las ecuaciones (q) y (r). La integración de estas ecuaciones se simplifica.

$$\frac{d}{dr} \left[ \frac{l}{r} \frac{d}{dr} (r\phi) \right] = -\frac{Q}{D} \dots \dots (s)$$

$$\frac{d}{dr} \left[ \frac{l}{r} \frac{d}{dr} \left( r \frac{dW}{dr} \right) \right] = \frac{Q}{D} \dots \dots (t)$$

Si Q se expresa en función de r, la integración de esas ecuaciones puede hacerse sin dificultad para cada caso particular.

El segundo miembro de la ecuación (t) en función de la intensidad q de la carga repartida sobre la placa.

Multiplicando ambos miembros de la ecuación por  $2\pi r$ , teniendo en cuenta que

$$Q(2\pi r) = \int_0^r q(2\pi r) dr$$

Se obtiene:

$$r * \frac{d}{dr} \left[ \frac{l}{r} \frac{d}{dr} \left( r \frac{dW}{dr} \right) \right] = \frac{l}{D} * \int_0^r q * r dr$$

Derivando los dos miembros de la ecuación con relación a r y dividiendo por r, se tiene:

$$\frac{l}{r} \frac{d}{dx} \left\{ r * \frac{d}{dx} \left[ \frac{l}{r} \frac{d}{dx} \left( r \frac{dw}{dx} \right) \right] \right\} = \frac{q}{D}$$

Si q es una función de r, la integración de esta ecuación no ofrece ninguna dificultad.

#### Placa circular uniformemente cargada

El esfuerzo cortante (Q) a una distancia "r" del centro de la placa es determinado por:

$$2\pi Q = \pi r^2 q \quad Q = \frac{qr}{2} \dots (u)$$

Donde:

Q: esfuerzo cortante a una distancia "r"

r: Distancia del centro de la placa a un punto

a: Radio de la placa

q: Carga de intensidad uniformemente repartida sobre toda la superficie

Sustituyendo (u) en (t)

$$\frac{d}{dr} \left[ \frac{l}{r} \frac{d}{dr} \left( r * \frac{dw}{dr} \right) \right] = \frac{qr}{2D} \dots (v)$$

Una primera integración da:

$$\frac{l}{r} \frac{d}{dr} \left( r * \frac{dw}{dr} \right) = \frac{qr^2}{4d} + C_1 \dots (x)$$

Donde  $C_1$  es una constante de integración que se determina posteriormente a partir de las condiciones en el centro y en el contorno de la placa. Multiplicando por los dos miembros de (x), por r e integrando por segunda vez, se obtiene:

$$r \frac{dw}{dr} = \frac{qr^4}{16D} + \frac{C_1 * r^2}{2} + C_2$$

$$\frac{dw}{dr} = \frac{qr^3}{16D} + \frac{C_1 * r}{2} + \frac{C_2}{r} \dots (y)$$

Integrando nuevamente:

$$w = \frac{qr^4}{64D} + \frac{C_1 * r^2}{4} + C_2 \ln \frac{r}{a} + C_3 \dots (z)$$

Calculando la constante de integración para diferentes casos particulares.

Placa circular de borde empotrado

En este caso, la pendiente de la superficie flexada en la dirección radial es nula para  $r=0$  y  $r=a$ ; de (y) se deduce.

$$\text{para } r = 0 \quad \frac{dw}{dr} = \left( \frac{qr^3}{16D} + \frac{C_1 r}{2} + \frac{C_2}{r} \right) = 0$$

$$\text{para } r = a \quad \frac{dw}{dr} = \left( \frac{qr^3}{16D} + \frac{C_1 r}{2} + \frac{C_2}{r} \right) = 0$$

De la primera de estas ecuaciones, se deduce  $C_2 = 0$  sustituyendo en la segunda, se obtiene.

$$C_1 = -\frac{qa^2}{8D}$$

La ecuación (y) de la pendiente deberá ser con estos valores.

$$\emptyset = -\frac{dw}{dr} = \frac{qr}{16D} (a^2 - r^2) \dots (z.1)$$

La ecuación (z) da:

$$w = \frac{qr^4}{64D} - \frac{qa^2 r^2}{16D} C_3$$

En el contorno de la placa la flecha es nula. Por consiguiente.

$$\frac{qa^4}{64D} - \frac{qa^4}{32D} + C_3 = 0$$

Y se obtiene  $C_3 = \frac{qa^4}{64D}$

Sustituyendo en (d) se encuentra

$$w = \frac{q}{64D} (a^2 - r^2)^2$$

La flecha máxima se produce en el centro de la placa y según la ecuación anterior.

Flecha máxima ( $W_{max}$ )

$$W_{max} = \frac{qa^4}{64D}$$

Los momentos flectores  $M_r$  y  $M_t$  a partir del valor de la pendiente (z.1), mediante las ecuaciones (m) y (n) se deduce.

$$M_r = \frac{q}{16} [a^2(1 + \nu) - r^2(3 + \nu)]$$

$$M_t = \frac{q}{16} [a^2(1 + \nu) - r^2(1 + 3\nu)]$$

Haciendo  $r=a$  en estas ecuaciones se encuentran los momentos flectores en el contorno de la placa.

Momentos flectores en el contorno de la placa

Para  $r=a$

$$M_r = -\frac{qa^2}{8} \qquad M_t = -\nu \frac{qa^2}{8}$$

Momentos flectores en el centro de la placa

Para:  $r=0$

$$M_r = \frac{qa^2}{16} (1 + \nu) \qquad M_t = \frac{qa^2}{16} (1 + \nu)$$

Donde:

a: Radio de la placa

q: Carga por unidad de área

Datos:

$$a = \frac{D}{2} - 5t = \frac{11.3}{2} - 5 * (0.30) = 4.15 \text{ m}$$

Radio de la placa

$$q = \gamma H = 1 * 5.0 = 5.0 \text{ t/m}^2$$

Peso del agua por unidad de área

$$\nu = 0.25$$

Coefficiente de poisson para concreto

$$M_r = \frac{qa^2}{16} (1 + \nu)$$

$$M_r = \frac{5 * 4.15^2}{16} (1 + 0.25) = 6.73 \text{ t - m}$$

Acero de refuerzo de la losa circular

$$M_r = M_t = 6.73 \text{ t - m}$$

Momento flector en el centro de la placa

Son resultados conservadores debido a la capacidad portante del suelo, la presión del agua y la losa del concreto que actúa verticalmente, son resistidos por el suelo de mediana capacidad portante 5.87 kg/cm<sup>2</sup>. Se usará acero mínimo.

$$A_{s(\min)} = 0.0018 * b * t$$

Donde:

b: ancho de la losa (cm)

t: espesor de la losa (cm)

$$A_{s(\min)} = 0.0018 * 100 * 25 = 4.5 \text{ cm}^2$$

$$A_{\emptyset(5/8")} = 1.98 \text{ cm}^2 \quad \text{Espaciamiento} \quad S = \frac{1.98}{4.5} * 100 = 44 \text{ cm}$$

$$A_{\emptyset(1/2")} = 1.27 \text{ cm}^2 \quad \text{Espaciamiento} \quad S = \frac{1.27}{4.5} * 100 = 28 \text{ cm}$$

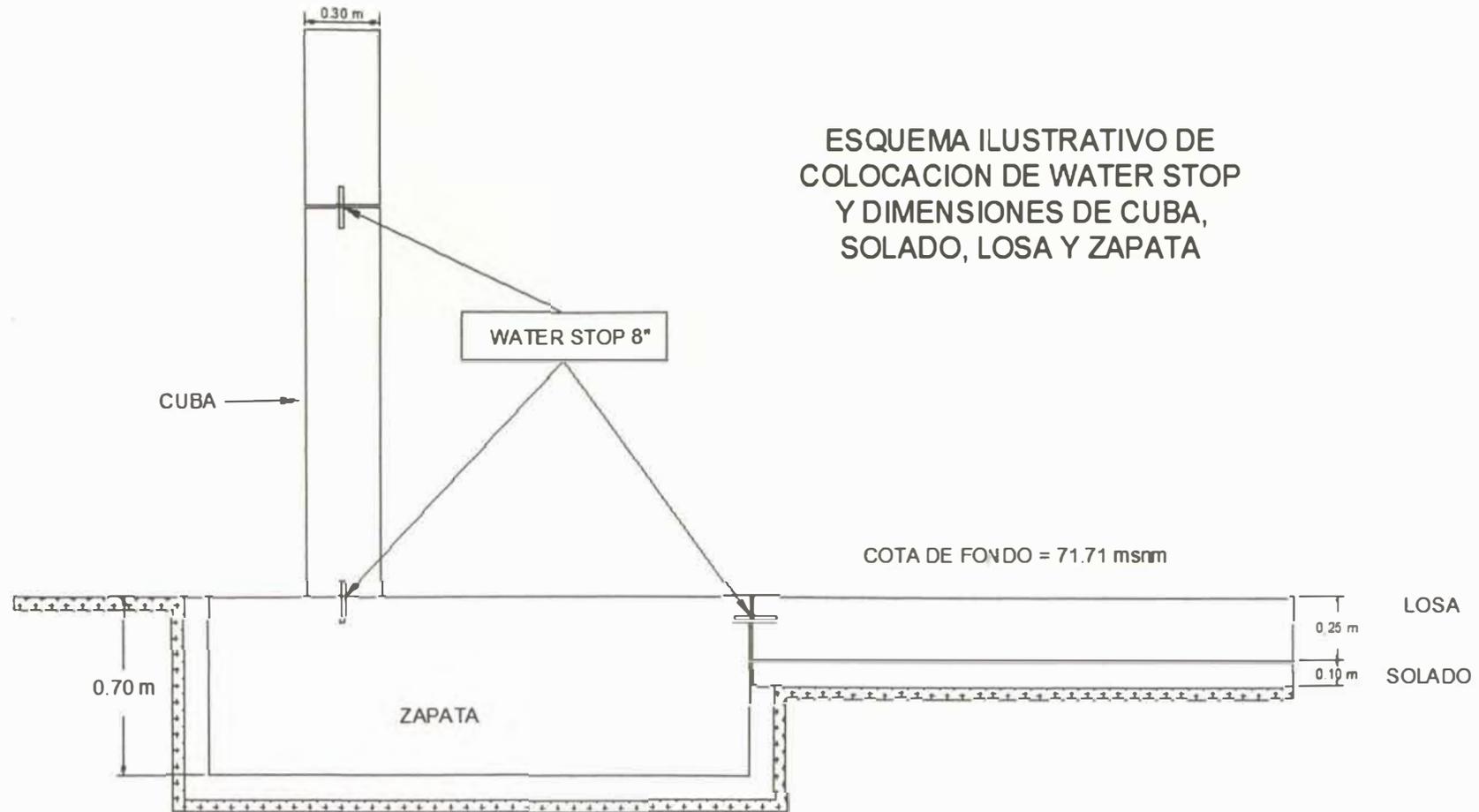
Para cumplir con las recomendaciones de la norma ACI-350R en cuanto a los requisitos para este tipo de estructuras con referencia a la resistencia última y el control del fisuramiento, se adoptará la siguiente distribución para el acero de refuerzo en la losa circular.

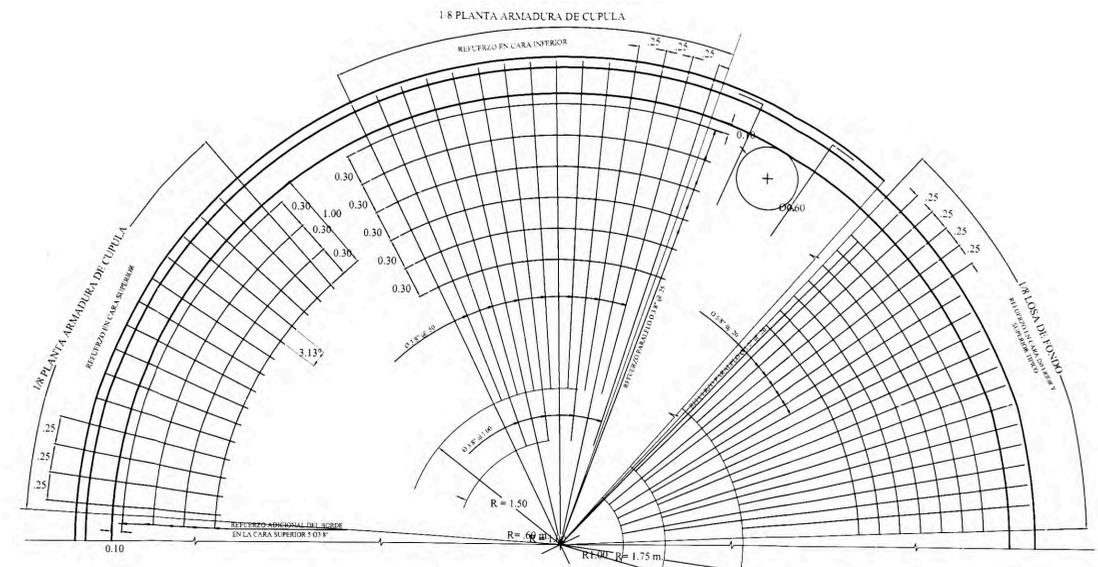
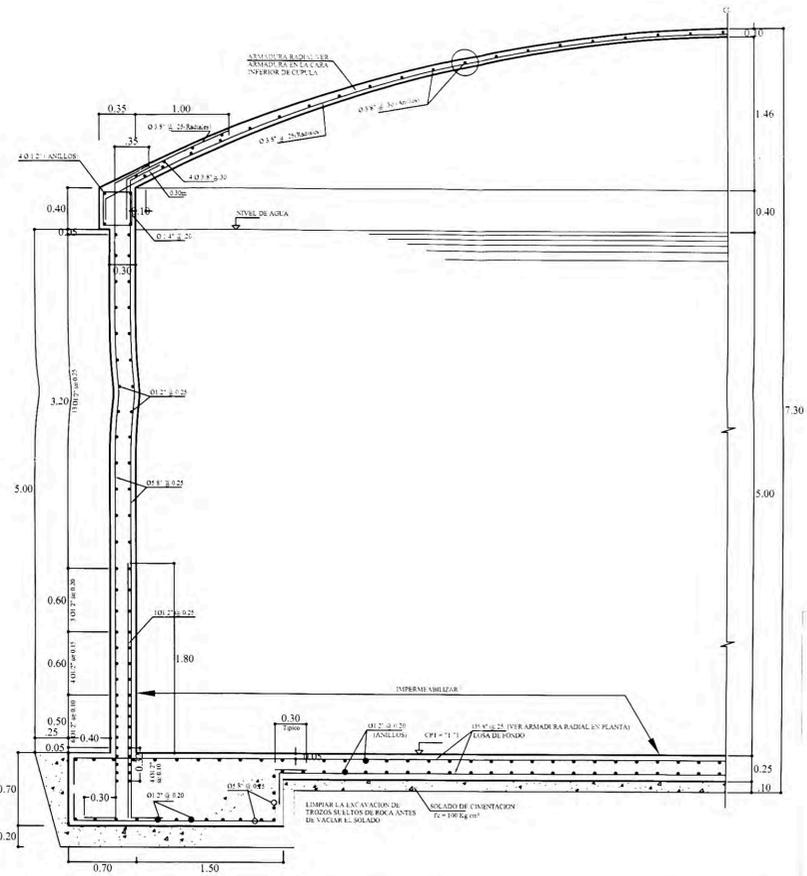
En la dirección radial:

Usar refuerzo de  $\emptyset 1/2" @ 0.20 \text{ m}$

En la dirección tangencial:

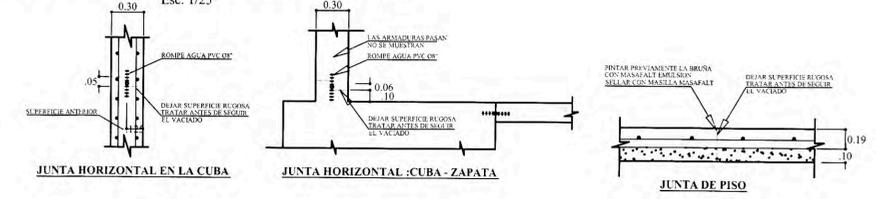
Usar refuerzo de  $\emptyset 5/8" @ 0.25 \text{ m}$



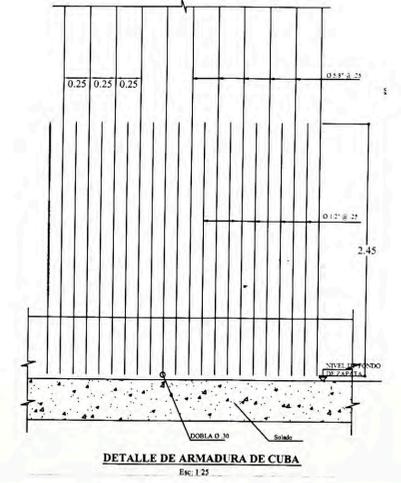
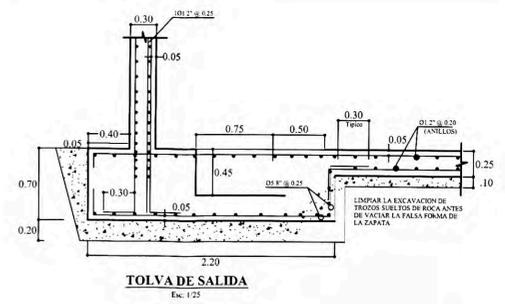
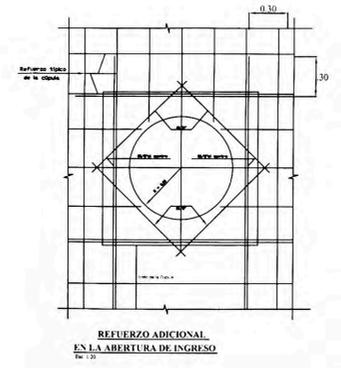
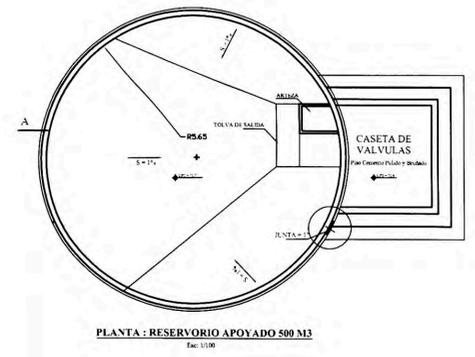
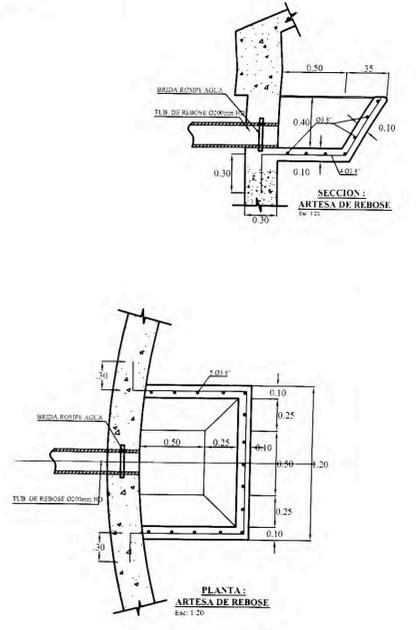
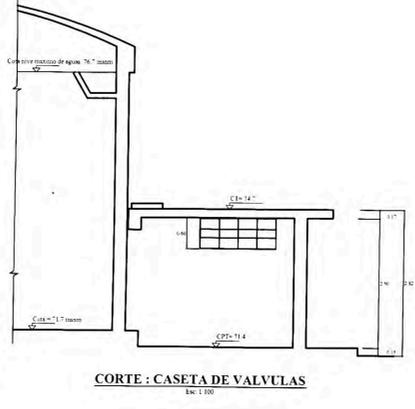
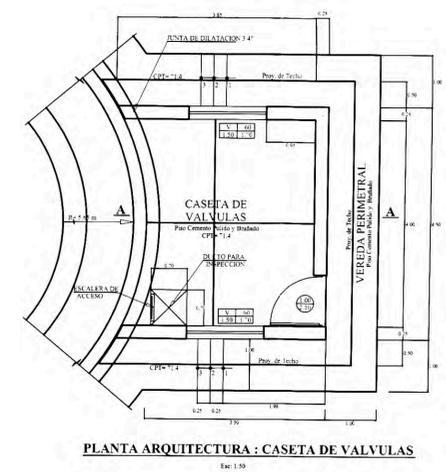
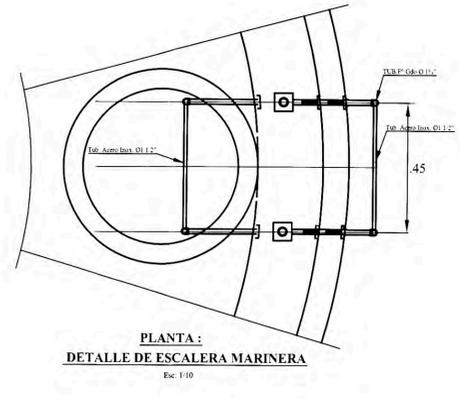
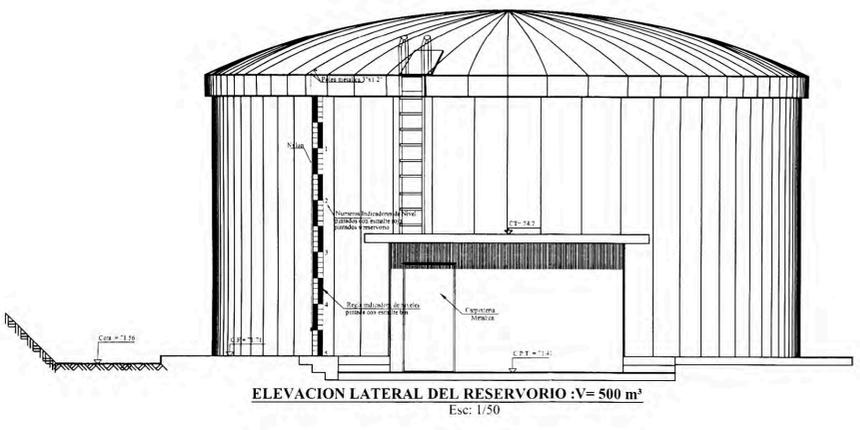
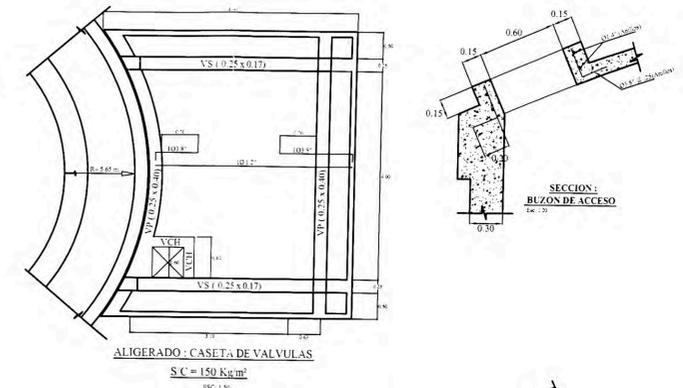


**ESTRUCTURA DE CUPULA Y LOSA DE FONDO**  
Escala: 1/25

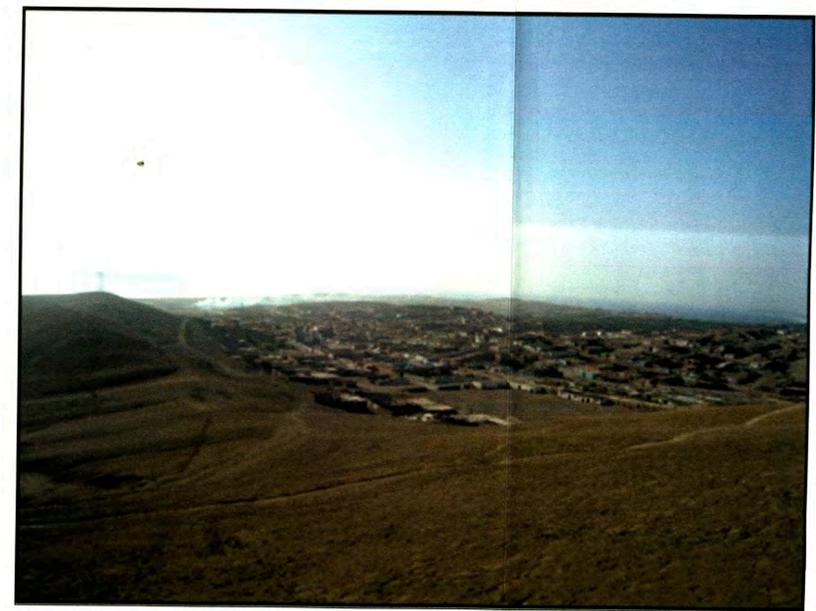
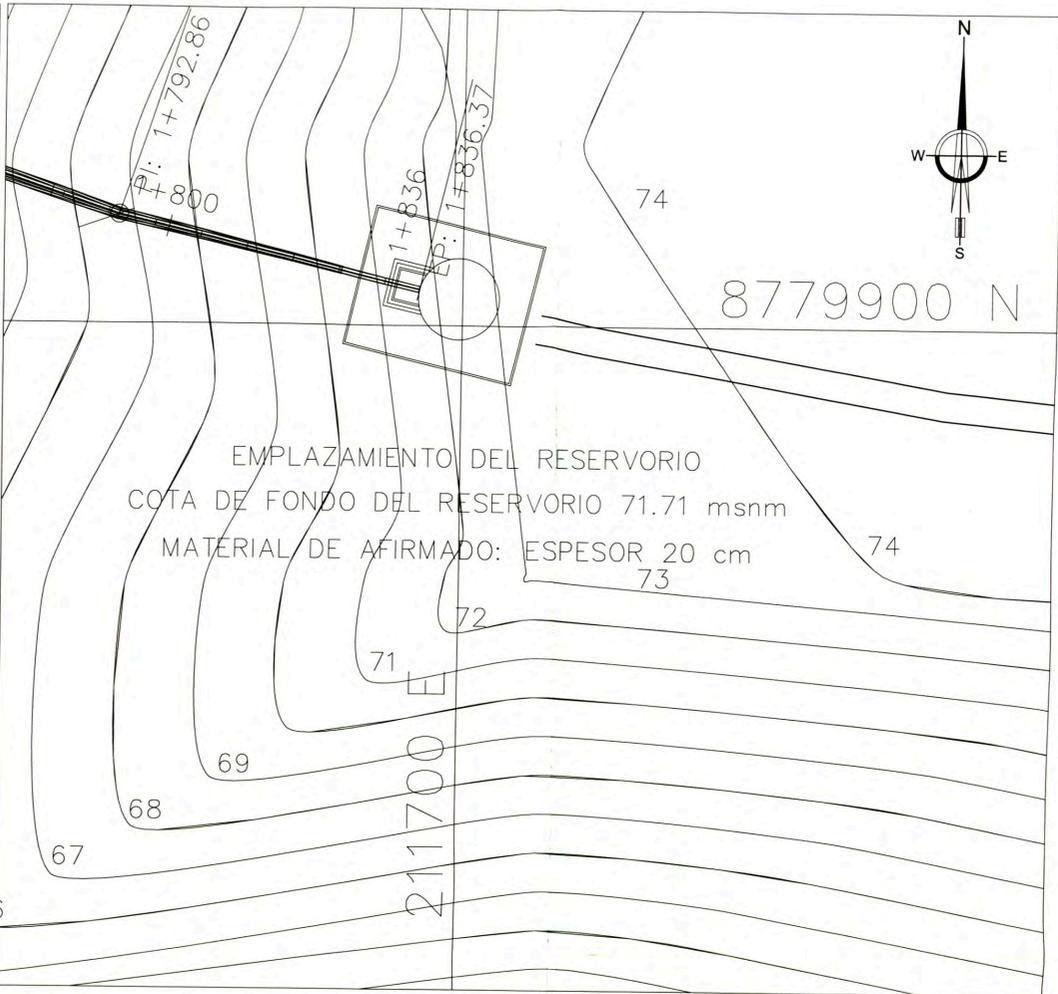
**CORTE :ESTRUCTURA DE MURO Y CUPULA**  
Escala: 1/25



**ESPECIFICACIONES TECNICAS:**  
**CONCRETO:**  
 TODO EL CONCRETO ESTRUCTURAL DEBERA SER VIBRADO CONVENIENTEMENTE AL CONCRETO DE LA CUBA SE LE AGREGARA ADITIVO IMPERMEABILIZANTE EN LA PROPORCION DE 1.2 Kg POR SACO DE CEMENTO  
**REVOQUES:**  
 TODAS LAS SUPERFICIES EXTERIORES DEL TECHO Y LA CUBA SE TARRAJEARAN CON MEZCLA 1:5 CEMENTO ARENA Y ACABADO FROTACHADO FINO.  
 TODAS LAS SUPERFICIES INTERIORES DE LA CUBA Y LOSA DE FONDO SE TARRAJEARAN CON LA SIGUIENTE MEZCLA: 1 Cemento = 1 Arena Fina = 2 Arena Gruesa CON 1.5 cm. DE ESPESOR MINIMO.  
 ACABADO FROTACHADO FINO Y MEDIAS CAÑAS DE 5.0 cm. DE RADIO EN LA ARISTA.  
 MURO DE CUBA : LOSA DE FONDO  
**CONCRETO ARMADO (C.A.):**  
 CUPULA, CUBA, VIGA CIRCULAR  $f_c = 280 \text{ Kg/cm}^2$   
 ZAPATA, LOSA DE FONDO  $f_c = 280 \text{ Kg/cm}^2$   
 FALSO PISO DE CIMENTACION  $f_c = 140 \text{ Kg/cm}^2$   
**RECUBRIMIENTOS:**  
 CUPULA = EN CL  
 CUBA = 5.00 cm. LIBRE  
 ZAPATA, LOSA DE FONDO = 5.00 cm (libre)  
**ACERO:**  
 $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$   
**TERRENO:**  
 $q_1 = 5.87 \text{ Kg/cm}^2$



TITULACIÓN PROFESIONAL POR ACTUALIZACIÓN DE CONOCIMIENTOS 2011-2			
<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA</b>			
Proyecto:	Distrito de estudio:	N° de Proyecto:	
AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA LOCALIDAD DE VÉGUETA	Topografía:	Plano N°:	
	Escala:	INDICADA	<b>RA-ES-01</b>
	Facultad:	INGENIERÍA CIVIL	
Plano de:	Grupo N°:	Sección:	Total de Planos:
RESERVOIRIO APOYADO ESTRUCTURAS	18	B	01 - 01
	Revisado:	ING. MIGUEL HUAMÁN AGUILAR	
	Fecha:	FEBRERO 2012	



ESC: 1/500

FOTO: 01

COORDENADAS UTM SISTEMA WGS 84  
ESC: 1/2000

LEYENDA			
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	EJE LÍNEA DE IMPULSION		FOTOGRAFÍAS (#01)
	CURVAS MAYORES		DIRECCIÓN DE CAUCE
	CURVAS MENORES		CALICATA
	QUEBRADAS		DESLUZAMIENTO
	CONTACTO GEOLOÓGICO		ZONA DE DERRUMBE
	ACCESO TROCHA CARROZABLE		RESERVORIO APOYADO
	EJE ACCESO VIA PEATONAL		

TITULACIÓN PROFESIONAL POR ACTUALIZACIÓN DE CONOCIMIENTOS 2011-2

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Presentado por:	VEGETTA - HUARLA	Fecha de Presentación:	
Proyecto:	GOOGLE EARTH	Fecha de Inicio:	
Disciplina:	INGENIERÍA CIVIL	Fecha de Fin:	
Curso:	18	Fecha de Plazo:	
Proyecto:	ING. MIGUEL HUMÁN AZÚLAR	Fecha:	FEBRERO 2012
Proyecto:	RESERVORIO APOYADO PLANTA GENERAL		

RA-PG-01