

RESUMEN

El Anexo-B "OBRA CIVIL ", trata sobre el trabajo a realizar en el terreno sobre el que se asentara el tanque.

El trabajo incluye la cimentación del tanque, red de drenajes del tanque, durmientes para el soporte de la tubería, rack soporte de tubería, plataformas de paso sobre las tuberías, conducciones subterráneas para la instrumentación, accesos peatonales, nivelación del fondo del cubeto para obtener las pendientes adecuadas para el desagüe de agua de lluvia, dique de tierra para compartimentación del cubeto, construcción de rampas para acceso al cubeto, modificación en altura del murete periférico de cierre del cubeto, sistema eléctrico para alumbrado y fuerza, plataformas de acceso a las válvulas de actuación en las líneas de transporte de productos, etc.

Las partes a realizar con más entidad de toda la obra civil por su volumen son el capítulo de excavación y el capítulo de relleno, pues de la perfecta ejecución de ambas, dependerá el resultado de la prueba hidráulica con la comprobación de los asentamientos del tanque.

Para el perfecto desarrollo de cada una de las ejecuciones de la obra civil se ha tenido en cuenta la legislación aplicable siendo estas normas:

- NBE-EA-95 –Estructuras de acero en la edificación.
- Eurocódigo 3- CEM 1992- Estructura metálica.
- N.T.E.- Normas tecnológicas en la edificación,
- NBE-AE-8-Acciones en la Edificación.
- E.H.E.-Instrucción del hormigón estructural (RD 2661/1998 de 11 de Diciembre).
- Eurocódigo 2-CEM 1991-Hormigón armado.





B. ANEXO DE "OBRA CIVIL"

Sumario

B.1. CUBETO Y DISTANCIAS MÍNIMAS A INSTALACIONES.....	5.
B.1.1. Cubeto.....	5.
B.1.2. Distancias mínimas.....	6.
B.2. EXCAVACIÓN.....	7.
B.3. RELLENO.....	9.
B.4. HIPÓTESIS DE CARGAS.....	13.
B.4.1. Hipótesis de carga y sobre carga.....	13.
B.4.2. Hipótesis de esfuerzo de viento.....	13.
B.4.3. Hipótesis de carga sísmica.....	14.
B.5. CÁLCULO DE LA CIMENTACIÓN DEL TANQUE.....	15.
B.5.1. Cálculo por el método de Schieicher.....	15.
B.5.2. Cálculo por el método de Steinbrenner.....	16.
B.6. ZANJAS PARA CABLES ELÉCTRICOS.....	21.
B.7. ADECUACIÓN DEL CUBETO.....	25.
B.8. VARIOS.....	27.
B.8.1. Arqueta para drenajes.....	27.
B.8.2. Arqueta detectora de fugas.....	27.
B.8.3. Rack para tuberías.....	27.



B.9. PRESUPUESTO OBRA CIVIL.....	29.
B.10. PLANOS.....	31.
B.10.0. Plano de implantación del tanque.....	31.
B.10.1. Plano de cimentación.....	33.
B.10.2. Plano de cubeto y rampas.....	35.
B.10.3. Plano de la zanja eléctrica de alimentación.....	37.
B.10.4. Plano de la red contra incendios.....	39.



B.1. CUBETO Y DISTANCIAS MÍNIMAS

B.1.1. Cubeto

La naturaleza del terreno del cubeto en que se ubica el tanque, esta formado por una primera capa de relleno compactado hasta una profundidad aproximada de 0,80 m., para después continuar con capas formadas por arcillas blandas y limos mezclados con agua, puesto que al encontrarse los terrenos de la refinería junto el mar, el nivel freático es muy bajo (aproximadamente 1,00 m.), hasta llegar a los 4,00 m de profundidad donde el terreno se consolida sobre arcillas duras.

El cubeto donde se asienta el tanque es un cubeto en el que ya existe otro tanque gemelo al que se construye, denominado TK-755, mientras que el tanque del que estamos tratando en este proyecto se le designa como TK-756.

En el cuadro que se adjunta pueden verse las características del cubeto.

Características del cubeto	
Superficie total del cubeto	51.052 m. ²
Superficie efectiva del cubeto	42.124 m. ²
Altura del cubeto	2,50 m.



B.1.2. Distancias mínimas

Las distancias mínimas requeridas entre el tanque nuevo y el resto de las instalaciones que le rodean son las que aparecen en el cuadro que se adjunta y que como puede observarse cumple sobradamente con lo especificado en la Instrucción Técnica Complementaria MI.IP-01 “Refinerías”.

	Tanque en construcción TK-756	
	Distancia reglamentaria	Distancia real
TK-755	25 m.	45 m.
Vallado	20 m.	90 m.
Edificios	30 m.	220 m.
Vías exteriores	20 m.	60 m.

Como puede observarse por la tabla no existen edificios en los alrededores del nuevo tanque.



B.2. EXCAVACIÓN

Para proceder a la excavación en el cubeto en el que se ubica el tanque, hay que dar una cota de referencia para el suelo y así poder definir las cotas de apoyo del fondo del tanque, el espesor de las diferentes capas que conformaran el relleno, y la profundidad a que debe llegar la excavación.

La cota de referencia en la refinería es la elevación EL.100.000., por lo cual todas las elevaciones con valor inferior a la EL.100.000, están por debajo del nivel, mientras que todas las elevaciones que están por encima significan que están más elevadas.

El suelo del cubeto donde se implanta el tanque tiene la elevación EL-100.300. El fondo del tanque debe de quedar a la elevación 102,300. y el fondo de la excavación se ha determinado por análisis geotécnicos previos que debe de situarse a la elevación EL.96.200.

Una vez terminada la excavación y esta alcanzar la profundidad de EL.96.200, o sea 4,10 m. de profundidad sobre el nivel de referencia, el diámetro del agujero en la excavación es mucho mayor que el corresponde al diámetro del tanque que es de $D=80,50$ m.

Ello es debido a que los límites laterales de la excavación se realizan en forma de talud, y desde la EL-100.300 el talud lleva la pendiente hacia el exterior de la excavación, que corresponde 1/1,5, es decir por cada 1,50 m. De excavación el límite externo del agujero se desplaza hacia el exterior 1,0 m..

Algo similar ocurre con la elevación del relleno por encima de la cota EL.100.000, puesto que allí la pendiente tiene la relación de 1,5/1, es decir por cada 1,0 m. que se baja desde la pared del tanque el relleno se desplaza hacia el exterior 1,5 m.

Los detalles pueden verse en la figura adjunta Fig-2.1



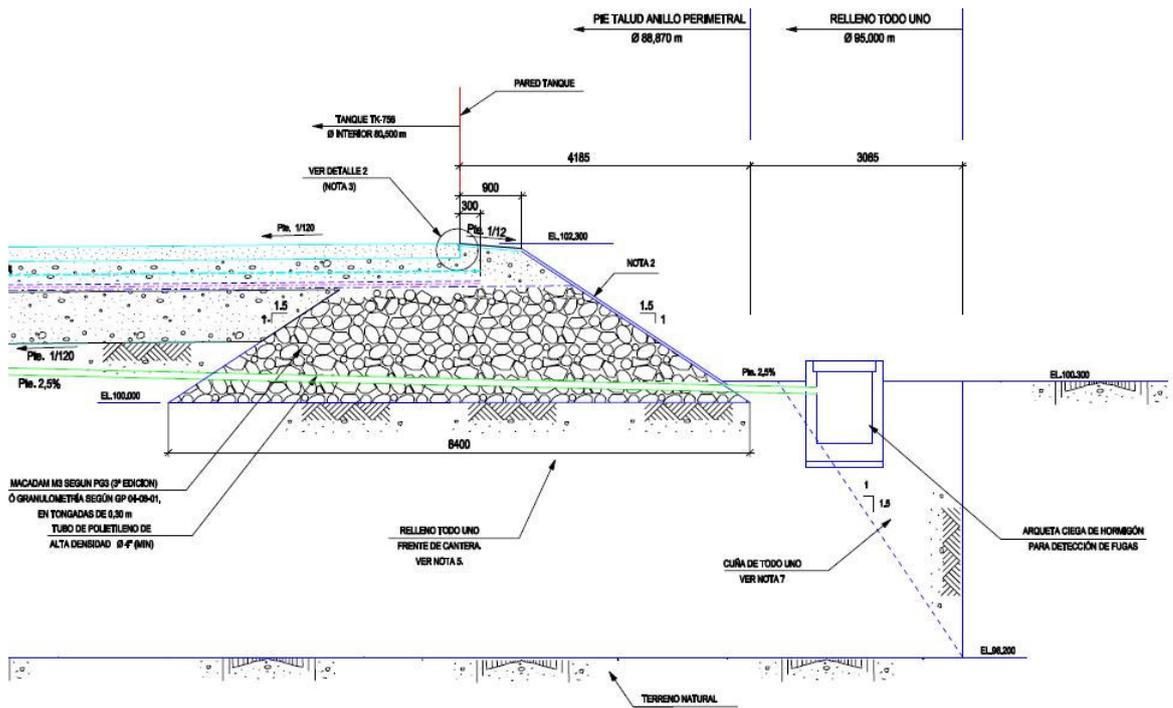


Fig-2.1 Excavación y relleno del tanque

Los materiales extraídos de la excavación realizada con maquinas excavadoras, son transportados a vertedero autorizado.

Durante el periodo que dura la excavación hay un grupo de bombas que se encargan de sacar todo el agua que proviene del nivel freático, siendo el agua conducida mediante mangueras a las cunetas que bordean el perímetro del cubeto.



B.3. RELLENO

Una vez terminada la fase de excavación, empieza la fase de relleno con capas de zahorras compactadas, estas capas hasta la elevación EL-100.000 se realiza con un relleno de frente de cantera en tongadas de no más espesor de 60 cm., compactadas y achicando el agua.

Al llegar el relleno a la elevación EL-99.300, en el borde del perímetro del agujero el relleno se realiza con material Macadam tal como se aprecia en la figura Fig-3.1.

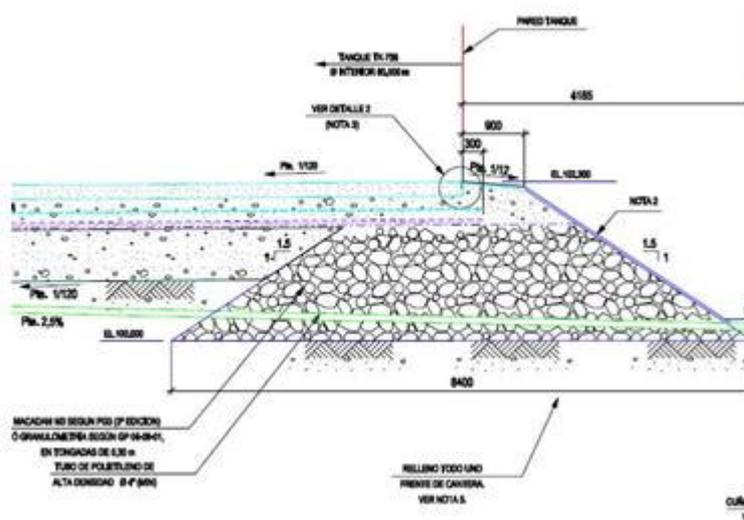


Fig-3.1. Relleno en el borde del perímetro

En el resto del agujero y desde la cota que corresponde a la elevación EL-100.565 a la cota cuya elevación es EL-101.465., el relleno se realiza con tongas de 30 cm. de espesor con zahorra que se compacta en cada tongada y antes de comenzar a echar la tongada siguiente. La compactación se realiza hasta el 95% de la máxima densidad seca obtenida en el ensayo de Proctor Modificado P.M.

En la parte superior de la tongada se encuentra una capa geotextil antipunzonamiento, y a continuación una lamina impermeable de PEAD de 2 mm., y sobre ella una segunda capa de geotextil.

Una nueva capa de zahorra compactada de 30 cm. de espesor se extiende sobre la anterior, y en la parte superior está colocada la protección catódica.



Finalmente desde la cota de EL 101.975 hasta la EL.101.965, cota en la que se asienta el fondo del tanque, se coloca una capa de arena aceitosa .Todos los detalles de la distribución de los diversos elementos que configuran el relleno pueden verse en las Fig.3.2 y Fig.3.3 que se adjuntan

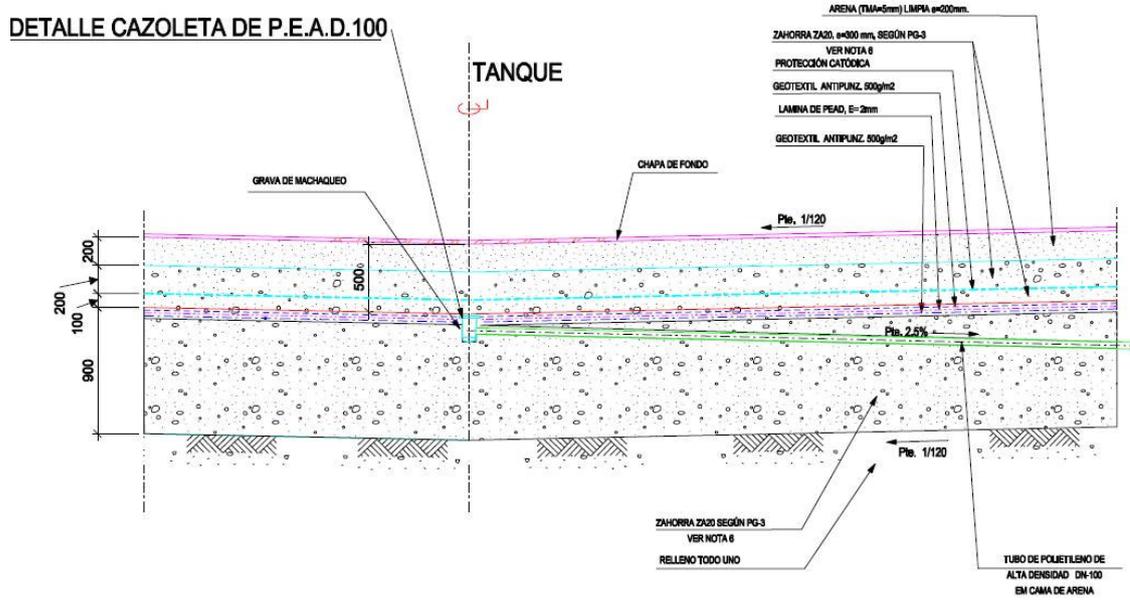


Fig-3.2. Relleno por encima de la cota 100.000



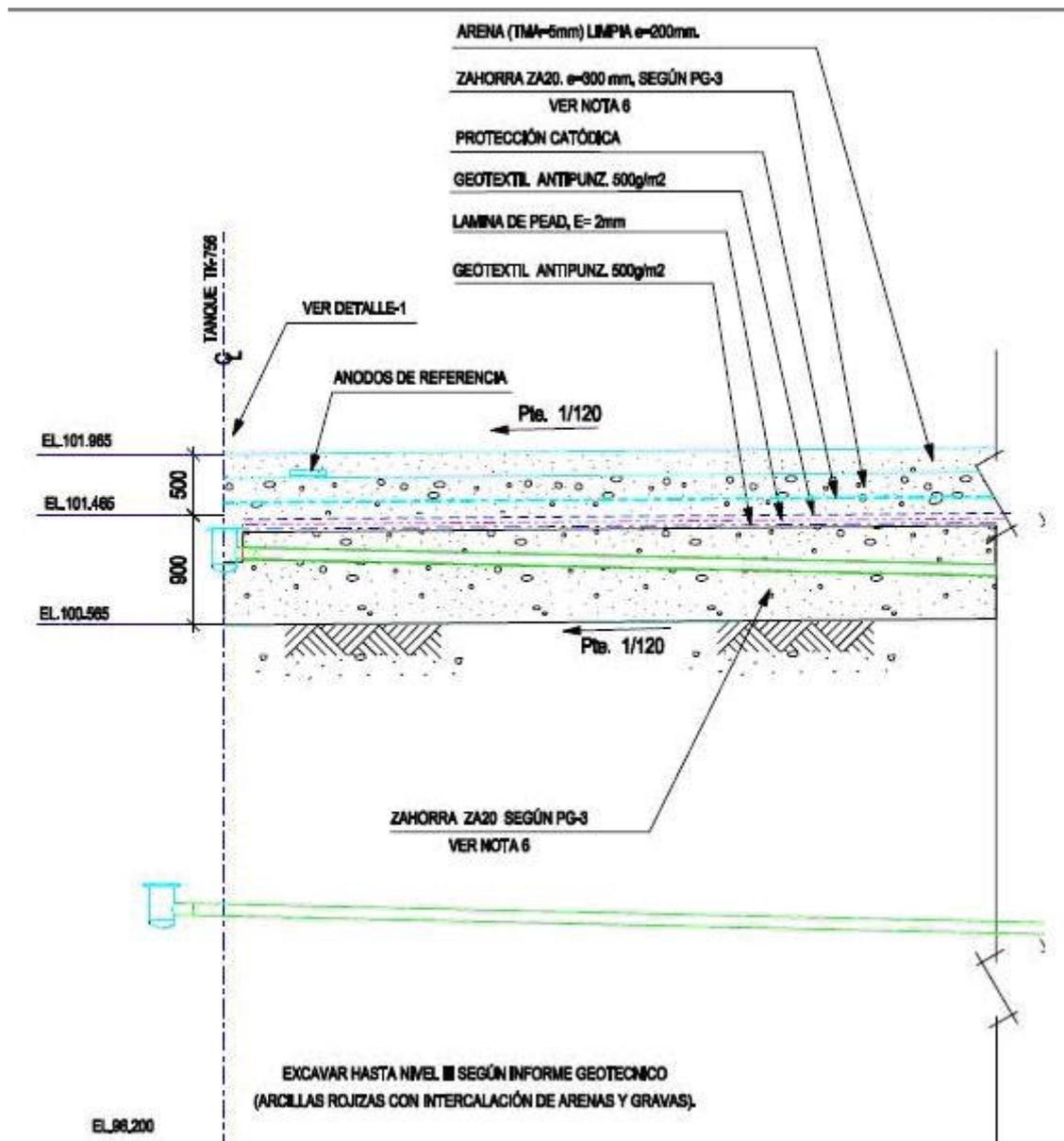


Fig-3.3 Relleno desde el fondo de cimentación hasta el fondo del tanque

El aceite que se utiliza en la mezcla arena-aceite, es poco corrosiva, como corresponde a un aceite de 18º API o 15º API cuyo punto de inflamación mínimo es de 65º C y 150 SSF (“Ensayo Saybolt Furol) con viscosidad máxima a los 50º C.





B.4. HIPÓTESIS DE CARGAS

B.4.1. Hipótesis de carga y sobrecarga

El cálculo se basa fundamentalmente en la determinación de la carga de hundimiento, calculada en el informe geotécnico y que no depende de las dimensiones de la cimentación, y la determinación de los asientos que si dependen de las dimensiones de la cimentación.

Para la determinación de los asientos, la hipótesis fundamental adoptada, es la de la prueba hidráulica puesto que corresponde a la mayor densidad del liquido, que es el agua.

Carga en prueba hidráulica = 100.853,00 Tn.

Carga en servicio = 82.640,00 Tn.

Con esta hipótesis, están basados los cálculos.

B.4.2. Hipótesis de esfuerzos de viento

Presión dinámica básica	$P_d = 125 \text{ kp / m}^2$
Coefficiente eólico	$C_e = 0,8$
Carga horizontal total	$F_H = P_d \times C_e \times D \times H = 0,125 \times 0,8 \times 80,5 \times 19,5 = 157 \text{ Tn}$
Peso del equipo en vacío	$W_v = 1.607,00 \text{ Tn.}$

$D =$ Diámetro del tanque = 80,50 m.

$H =$ altura total del tanque = 19,50 m.

Adoptando un coeficiente de rozamiento entre el tanque y la cimentación de $\mu = 0,3$.

Fuerza de rozamiento $F_r = W_v \times \mu = 1.607,00 \times 0,3 = 482,1 \text{ Tn.}$

Esta fuerza de rozamiento es mayor que la fuerza de empuje debida al viento $F_H = 157 \text{ Tn.}$

El coeficiente de seguridad al desplazamiento vale $C_{sd} = \frac{F_r}{F_H} = \frac{482,1}{157} = 3,07.$



B.4.3. Hipótesis de carga por sismo.

De acuerdo con la norma NCSE-02, la zona en que esta ubicado el tanque, que es en la refinería de BP OIL en el Grao de Castellón, es una zona de baja acción sísmica, por lo que se ha considerado no tener en cuenta esta hipótesis.



B.5. CÁLCULO DE LA CIMENTACIÓN DEL TANQUE

Para el cálculo de los asientos del tanque, se han utilizado dos procedimientos.

Procedimiento de Schieicher y el procedimiento de Steinbrenner, siendo este último el que se utilizó en el informe geotécnico.

En ambos procedimientos se ha utilizado una superficie cuadrada de superficie equivalente

B.5.1. Cálculo por el método de Scgieicher

La superficie cuadrada de área equivalente a la que tiene el tanque es un cuadrado de lado de 76,00 m.

Datos

Cálculo de asientos. Método multicapa. Schieicher

Carga admisible: q	2,00 kp / cm ²	2,00 kp / cm ²
Ancho de cimentación: b	76,00 m.	7600 cm.
Largo de cimentación. L	76,00 m.	7600 cm.
m:		1,00
l _p :		0,56
Factor de seguridad	1,00	1,00
Ángulo respecto a la vertical	30º	0,52 radianes



Resultados

ASIENTOS DEL TERRENO:

Profun.capa Z (m.)	Mod.Young E (kp / cm ²)	Coeficien .Poisson v	Carga Transmit. q (kp /cm ²)	Asientos carga flexible			Asientos carga rígida
				Esquina	Centro	Valor Medio	
0,00	350	0,33	2,00	1,41	2,82	2,39	2,23
4,50	83	0,30	1,87	9,44	18,87	16,00	14,88
12,50	38	0,30	1,67	6,88	13,75	11,66	10,85
15,50	113	0,30	1,60	6,47	12,93	10,97	10,20
25,00	165	0,30	1,41	2.02	4,05	3,43	3,19
30,00 profundidad carga rígida			1,33	Σ=26,21	Σ=52,43	Σ=44,46	Σ=41,35

La Carga total en la losa de 76 x 76 m es de: T = 115.620,00 kp

GRÁFICO:

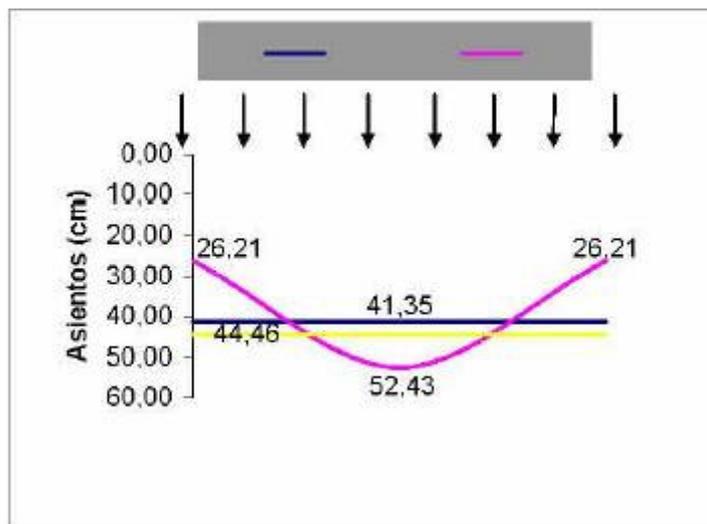


Gráfico -5.1 Método de Schieicher



Las formulas empleadas para determinar los asientos-s- son:

Formulas del método de Schieicher

Esquina:

$$S = q b \frac{1 - v^2}{E} I_P$$

Centro:

$$S = 2 q b \frac{1 - v^2}{E} I_P$$

Valor medio:

$$S = S(\text{centro}) \times 0,848$$

Carga rígida:

$$S = 93\% S (\text{valor medio})$$



B. 5. 2. Calculo por el método de Steibrenner

La superficie cuadrada de área equivalente a la que tiene el tanque es un cuadrado de lado de 76,00 m.

Datos:

Carga neta. q	2,00 kp / cm ²
Lado menor: b	76,00 m.
Lado mayor: a	76,00 m.
Factor de seguridad	1,00

ASIENTOS DEL TERRENO

Nivel	Z _{final} (m.)	E(kp / cm ²)	Coe.Poisson	Asientos (cm)		Δq (kp/cm ²)
				Centro	Esquina	
I	4,50	350	0,33	1,28	0,31	
II	12,50	83	0,3	12,74	2,57	
III	15,50	38	0,3	11,42	2,53	
IV	25,00	113	0,3	12,55	2,87	
V	30,00	165	0,3	4,43	1,09	
VI						
VII						
				Σ=42,43	Σ=9,68	



Resultados:

Carga neta	2,00 kp / cm ²
------------	---------------------------

Densidad del terreno	1,90 gr / cm ³ .
Profundidad cimentación (terreno natural)	1,00 m.
Carga vertical del terreno natural	0,190 kp / cm ²

Carga total bruta	2,19 kp / cm ²
-------------------	---------------------------

Carga máxima de la lñosa	126.494,40 Tn
--------------------------	---------------

Asientos (cm)		
Esquina	Centro	Valor medio (Rígida)
9,68	42,43	33,52

Módulo de Balasto (kp / cm ³)
0,060

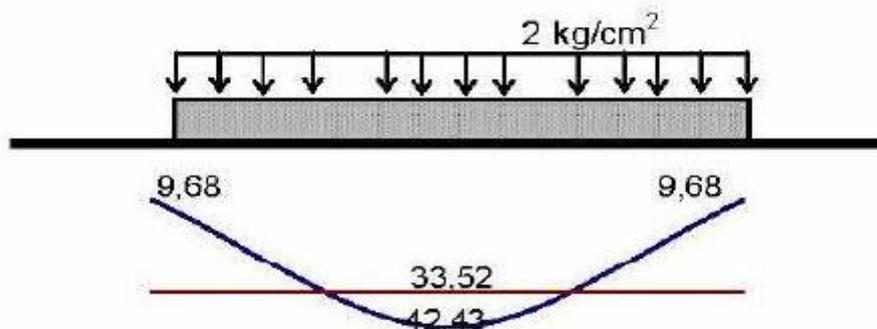


Grafico-5.2 Método de Steinbrenner



Las fórmulas empleadas para determinar los asientos-s- son:

Fórmulas del método de Steibrenner

$$S_{(2)} = \frac{q b}{2 E} (A \Phi_{1(A,B,C)} - B \Phi_{2(A,B,C)})$$

$$A = 1 - v^2$$

$$B = 1 - v - 2 v^2$$

$$\Phi_1 = \frac{1}{n} \left[\operatorname{Ln} \left(\frac{\sqrt{1 + n^2 + m^2} + n}{\sqrt{1 + n^2 + m^2} - n} \right) + n \operatorname{Ln} \left(\frac{\sqrt{1 + n^2 + m^2} + n}{\sqrt{1 + n^2 + m^2} - n} \right) \right]$$

$$\Phi_2 = \frac{m}{n} \operatorname{arc.tg} \left(\frac{n}{m \sqrt{1 + n^2 + m^2}} \right)$$

$$m = z / b$$

$$n = a / b$$

a = Largo de la cimentación

b = Ancho de la cimentación

q = Presión unitaria aplicada

E = módulo de Elasticidad

Ambos procedimientos, calculan los asientos en el centro del tanque, si bien el procedimiento de Schieicher, determina el asiento en la periferia del tanque, como el valor en la esquinalde cuadrado, en tanto que con el procedimiento de Steinbrenner, el asiento en la periferia se corresponde con el 50% del asiento en el centro.

Con las formulas de Schieicher se obtiene:

- Asiento en el centro del tanque = 52,43 cms.
- Asiento en la periferia = 26,21 cms. equivalente que al 50% del asiento en el centro.

Con las formulas de Steinbrenner se obtiene:

- Asiento en el centro del tanque = 42,43 cms.
- Asiento en la periferia = 21,21 cms., estimados el 50% del asiento en el centro.



B.6. ZANJAS PARA CABLES ELÉCTRICOS

Los cables eléctricos que suministran la energía necesaria para poner en funcionamiento las válvulas motorizadas de las líneas del producto que llega y sale del tanque, así como la iluminación y la alimentación a los motores eléctricos de los agitadores del tanque, tienen su tendido sobre zanjas.

Las zanjas son de diferente, según estas discurran simplemente sobre terreno o bien lo hagan bajo pavimento de calles o cruce subterráneo de pasos de calle o de vías de ferrocarril.

Para todo tipo de zanja, la ejecución de la excavación siempre es manual, y nunca se emplea maquinaria para ejecutarla, por seguridad de no cortar ningún cable existente en la zona donde se ejecuta la zanja.

Las zanjas realizadas sobre terreno son aberturas echas una excavación, con sección rectangular, de ancho 50 cm. y profundidad 90 cm.

En ellas se coloca en la parte inferior una capa de arena lavada de 15 cm. de espesor, sobre esta capa se tienden los cables, los cuales se recubren de otra capa de arena lavada de 15 cm. de espesor. Sobre esta última capa se colocan losetas de color rojizo, con el fin de que en el caso de una futura excavación, indicasen que bajo de ellos existen cables eléctricos.

Por encima de las losetas se rellena con una capa de 60 cm. de arena compactada hasta llegar al nivel del suelo. A una profundidad desde la superficie en la zona de la arena compactada se coloca una banda de plástico.

Una vez cerrada la zanja a intervalos regulares se coloca enterrada en la zanja una pieza de hormigón con sus caras rectangulares y dimensiones 300 x 200 x 200 mm., con su cara de 300 x 200 mm. quedando enrasada con la superficie, y en esta cara se puede leer "cable eléctrico".



La Fig -6.1 representa una sección de este tipo de zanja.

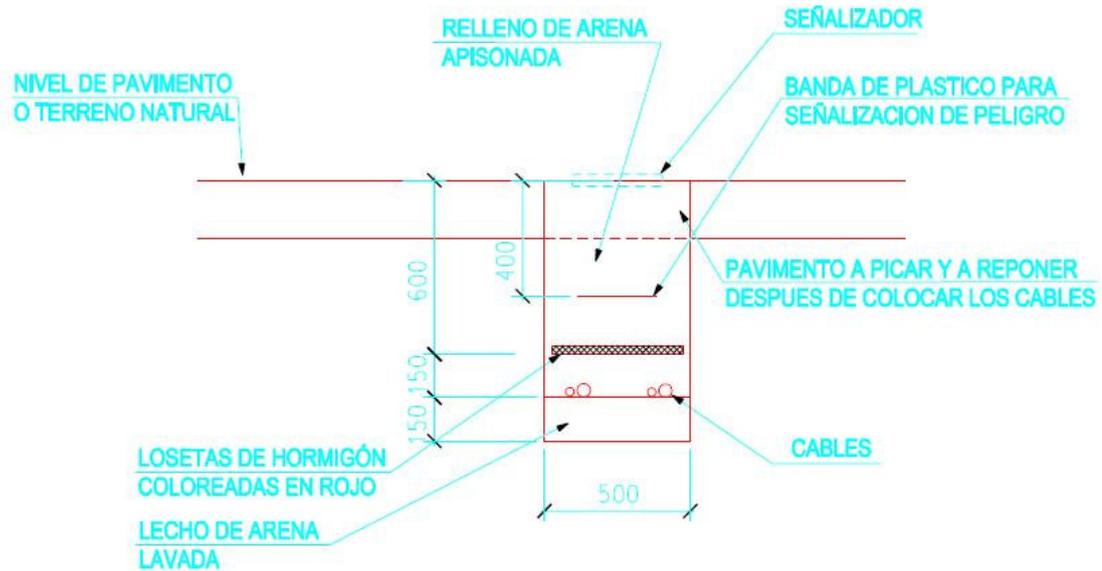


Fig-6.1 Sección de zanja sobre terreno natural

Las zanjas para el paso de calles o cruce subterráneo de la vía del tren, el cual circula por una determinada zona de la refinería, es diferente de la ejecutada sobre terreno natural, en que en esta a la profundidad de 60 cm. de la superficie se colocan unas piezas tipo “bunsen” ,que estas elaboradas con hormigón, teniendo sección rectangular con dimensiones del de 540 x 420 mm.. La pieza es de color rojizo y tiene una longitud Standard de un metro.

En la sección rectangular de dicha pieza existen dos filas paralelas de 3 agujeros, separados entre sí 160 mm.,tanto en vertical como horizontal, por los que pasan a todo el largo l de la pieza 6 tubos de PVC de paredes gruesas.

Los tubos tienen un diámetro $\varnothing = 110$ mm.,y dentro de cada uno se aloja un cable eléctrico.



Encima del banco de hormigón que se aloja en el fondo de la zanja, se coloca una capa de arena compactada de 60 cm., y al igual que en el tipo de zanjas sobre el terreno, se les coloca la señal de cable eléctrico. Este tipo de zanja se representa en la Fig-6.2.

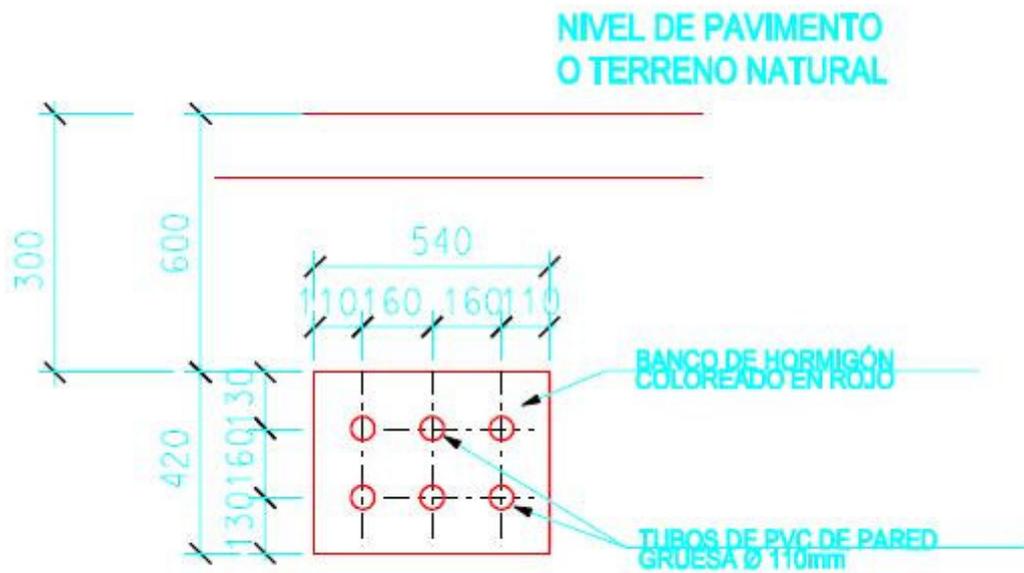


Fig-6.2 Sección de zanja para el paso de calle





B.7. ADECUACIÓN DEL CUBETO

El cubeto en el que se ubica el nuevo tanque (TK-756) es un cubeto en el que ya existe otro tanque gemelo al que se va a construir.

El tanque existente (TK-755) tiene una capacidad de 99.375 m^3 , siendo la capacidad del nuevo tanque (TK-756) de 100.000 m^3 . Por tratarse de un cubeto en el que existen dos tanques hay que adaptar su capacidad que será al menos igual al mayor de los dos valores siguientes:

- a) 100 por 100 de la capacidad del tanque mayor.
- b) 30 por ciento de la capacidad global de los dos tanques contenidos en el cubeto.

Una vez situado el nuevo tanque de crudo la capacidad total será de 199.375 m^3 , con lo que la capacidad de 100.000 m^3 del tanque nuevo (TK-756) es la mayor puesto que este valor es mayor que el 30% de $199.375 \text{ m}^3 = 59.812,5 \text{ m}^3$. La capacidad mínima del cubeto será de 100.000 m^3 .

El cubeto tiene una superficie útil de $A = 42.124 \text{ m}^2$, teniendo que ser la altura de sus paredes de $h=2,5 \text{ m}$., la capacidad total del cubeto es de $V= 42.124 \times 2,5 = 105.310 \text{ m}^3$.

Como las paredes solo tienen una altura $h=1,90 \text{ m}$., hay que recrecerlas $0,6 \text{ m}$. con el propósito de alcanzar los $2,50 \text{ m}$. necesarios para disponer de la capacidad necesaria.

El muro perimetral se construirá con bloques de hormigón enfoscado sobre el talud del cubeto, comprobando que la cota de coronación sea la misma en todos los puntos.

Los detalles de la construcción del murete se muestran en las Fig-7.1 y Fig-7.2 adjuntas



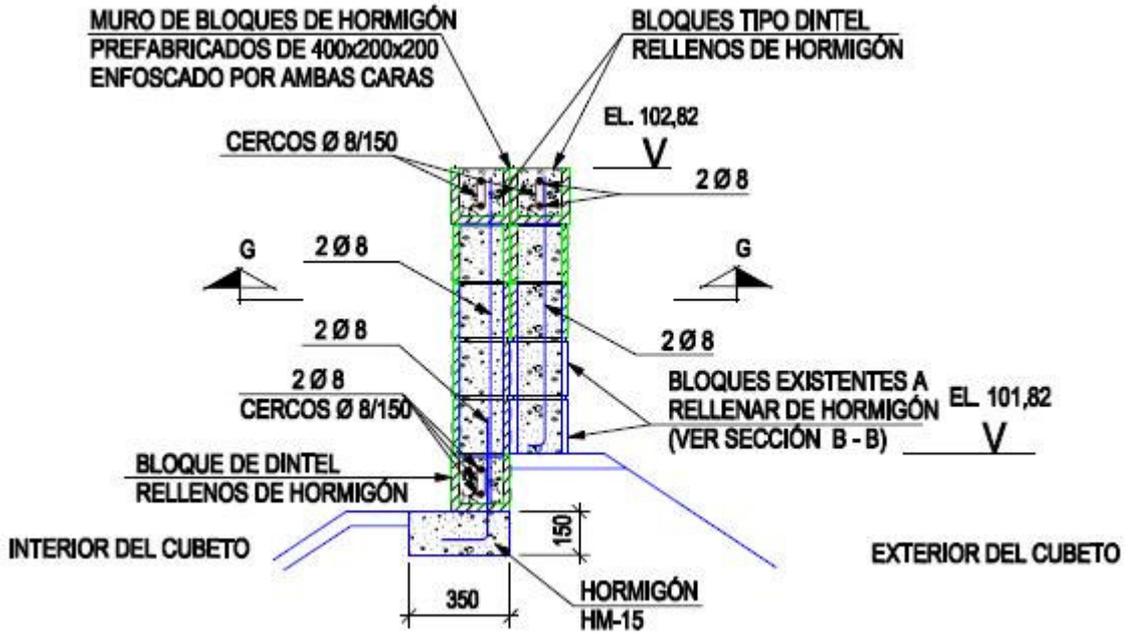


Fig-7.1 Sección del del muro del cubeto

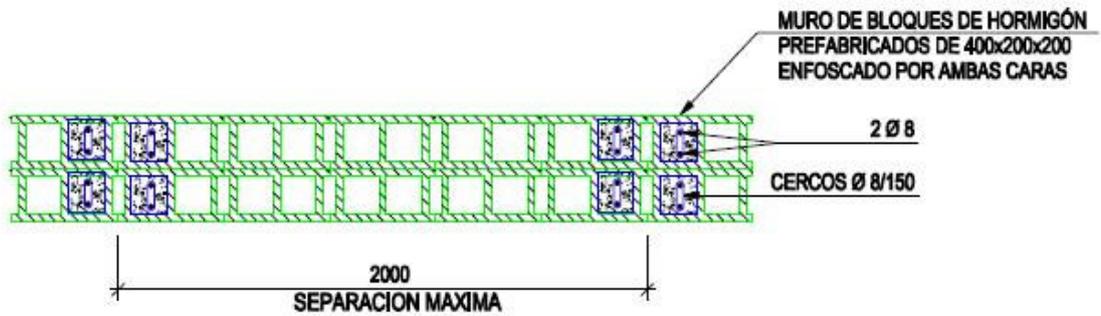


Fig-7.2 Planta del muro del cubeto

El terreno del cubeto se adecuara eliminando una capa superficial de 300 mm. De espesor, se procederá a compactar la superficie que resulte, y colocar una capa de geotextil antipunzonate así con una lámina de PEAD de 2 mm de espesor.

Después de recrecer el murete sobre los taludes se estabilizarán los mismos mediante un guitado de 10 cm. de espesor en dos capas de 5 cm. cada una.



B.8.VARIOS

B.8.1. Arqueta para drenajes.

Se construirán dos arquetas para drenajes oliosos, de dimensiones 1000 x 100 x 1600 mm., de hormigón HA-30, con espesor de pared 150 mm. Y espesor del fondo de 250 mm., y enterradas 600 mm. De la cota de acabado del suelo.

B.8.2. Arqueta detectora de fugas

Se construirá una arqueta detectora de fugas del fondo del tanque, de hormigón HA-30 ,de 150 mm. de espesor de las paredes y de 250 mm. de de espesor del fondo, con unas dimensiones de 800 x 800 x 1600 mm., enterrada 600 mm. desde la cota de acabado del suelo.

B. 8. 3. Rack para tuberías

Conjunto de un rack para las tuberías, constituido por 26 durmientes de hormigo armado HA-20 de dimensiones 1,1 x1,0 x0,40 m. cada uno, con una placa metálica incorporada de 1,0 x 0,40 x 0,02 m., empotradas en suelo previa excavación de profundidad 60 cm.





B.9. PRESUPUESTO DE OBRA CIVIL.**B.9.1. Descripción de presupuestos**

Excavación de la cimentación.....	154.025,25 €
Relleno de la cimentación.....	74.221,52 €
Macadam.....	33.793,85 €
Zahorra natural.....	83.376,45 €
Arqueta para detección de fugas del fondo.....	285,06 €
Arquetas para drenajes.....	570,11 €
Protección paso subterráneo de tuberías.....	2.250,00 €
Rack para tubería.....	7.020,00 €
Durmientes para tubería.....	2.920,32 €
Cimentación plataforma de servicio para válvulas.....	1.248,00 €
Adecuación del cubeto del tanque.....	214.657,00 €
Muro perimetral del cubeto.....	14.430,00 €
Estabilización de los taludes del muro perimetral.....	19.773,00 €
Vallado provisional.....	3.900,00 €
Zanjas para cables eléctricos.....	45.262,50 €
TOTAL OBRA CIVIL	657.760,05 €





B.10. PLANOS

B.10.1. Plano de cimentación





B.10.2. Plano del cubeto y rampas





B.10.3.Plano de zanja eléctrica





B.10.4.Plano de red contra incendios

