

SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE ALCOHOL ANHIDRO PARA LA PLANTA YPFB LOGÍSTICA S.A.

ANHIDROUS ALCOHOL STORAGE SYSTEM FOR THE YPFB LOGISTICS S.A PLANT

ZEBALLOS GRAMAJO V.

RESUMEN

Las Plantas operadas por Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos, YPFB Logística S.A. cabe señalar que en las mismas no cuentan con un tanque diseñado específicamente para el almacenamiento de alcohol anhidro. De acuerdo a la Resolución Ministerial 042/19 del 25 de marzo, YPFB y la ANH están a cargo de coordinar la sustitución gradual de la gasolina especial por la gasolina especial con 85 octanos la cual contendrá hasta un ocho % de Alcohol Anhidro en todo el país. (ANH, Resolución Ministerial 042/19, 2019). Mediante la Resolución Administrativa RAR-ANH-DRC 0081/2019 de 11/04/2019, se aprobaron las especificaciones de calidad de la Gasolina Especial Plus y mediante la Resolución Administrativa RAR-ANH-DRC 0100/2019 de 23/04/2019, se autorizó a YPFB la comercialización de la Gasolina Especial Plus, conforme a las especificaciones de calidad de la Gasolina Especial Plus. Actualmente este combustible ya se comercializa en los departamentos de La Paz, Cochabamba y Santa Cruz. Esta necesidad de un depósito exclusivo para el alcohol anhidro en la Planta de Almacenaje de Hidrocarburos Líquidos "Palmasola" éste se diseñó tomando en cuenta los volúmenes requeridos para el acopio de este producto, 750000 litros. Se determinó el diámetro 8,92 m y la altura 14,4 m. Asimismo las características del Manhole, las tuberías de recepción y despacho, los filetes de la soldadura, el espesor de la plancha para la construcción de los diferentes anillos que formaran el tanque, el techo y el piso del mismo. De igual forma se consideraron en el diseño la relación del tanque con el medio, el viento, las características del suelo, el coeficiente sísmico y los pesos totales

ABSTRACT

The Power Of the Plants operated by Yacimientos Petroliferos Fiscales Bolivianos, YPFB Logística S.A. neither has a tank specifically designed for the storage of anhydrous alcohol. According to Ministerial Resolution 042/19 of March 25, YPFB and the ANH are in charge of coordinating the gradual substitution of special gasoline for special gasoline with 85 octanes, which will contain up to 8% Anhydrous Alcohol throughout the country. (ANH, Ministerial Resolution 042/19, 2019). through Administrative Resolution RAR-ANH-DRC 0081/2019 of 11/04/201, the quality specifications of the Special Plus Gasoline were approved through Administrative Resolution RAR-ANH-DRC 0100/2019 of 04/23/2019, YPFB was authorized to commercialize the Special Plus Gasoline, in accordance with the quality specifications of Gasoline Especial Plus. Currently this fuel is already marketed in the departments of La Paz, Cochabamba and Santa Cruz. The need for an exclusive tank for anhydrous alcohol at the "Palmasola" Liquid Hydrocarbon Storage Plant was designed taking into account the volumes required for the storage of this product, 750,000 liters. A diameter of 8.92 m, and a height of 14.4 m were determined. Likewise, the characteristics of the Manhole, the reception and dispatch pipes, the welding fillets, the thickness of the plate for the construction of the different rings that will form the tank, the roof and the floor of the tank. In the same way, the relationship of the tank with the environment, the characteristics of the soil, the wind, the seismic coefficient and the total weights were considered in the design.

PALABRAS CLAVE

Alcohol Anhidro, Almacenamiento, Diseño de tanque.

KEYWORDS

Anhydrous Alcohol, Storage, Tank design.

INTRODUCCIÓN

En Bolivia operan 27 Plantas de Almacenaje de Hidrocarburos Líquidos, PAHL, las cuales son administradas por YPFB Comercial, YPFB Logística y empresas privadas. Todas las actividades de almacenaje de hidrocarburos, dentro del territorio nacional, se realizan en el marco del Decreto Supremo N°3269 emitido el 02 de agosto de 2017 que, en su artículo único, aprueba el Reglamento de Construcción y Operación de Plantas de Almacenajes de Hidrocarburos Líquidos.

La Planta de Almacenaje de Hidrocarburos YPFB Logística S.A. cuenta con 12 tanques de almacenamiento de hidrocarburos los cuales nueve son de techo fijo y tres de techo flotante, almacenando los productos: Diésel oil, gasolina especial, crudo reconstituido, kerosene y crudo.

El flujo de despacho de cisternas promedio por día de la Planta de Almacenaje de Hidrocarburos YPFB Logística S.A. es de 92 cisternas de gasolina especial y 74 cisternas de diésel oil.

La asignación mensual promedio para el departamento de Santa Cruz es de 48750000 litros de gasolina especial y 74300000 litros de diésel.

La normativa actual instruye a YPFB y la ANH que se realicen modificaciones en las operaciones y logística para el almacenaje de alcohol anhidro. A continuación, se puntualizan las normativas que señalan las instrucciones del Gobierno Nacional:

De acuerdo a la Resolución Ministerial 042/19 del 25 de marzo, YPFB y la ANH están a cargo de coordinar la sustitución gradual de la gasolina especial por la gasolina especial con 85 octanos la cual contendrá hasta un ocho % de Alcohol Anhidro en todo el país. (ANH, Resolución Ministerial 042/19, 2019)

Mediante la Resolución Administrativa RAR-ANH-DRC N° 0081/2019 de 11/04/2019, se aprueban las especificaciones de calidad de la Gasolina Especial plus y mediante la Resolución Administrativa RAR-ANH-DRC N° 0100/2019 de 23/04/2019, se autoriza a YPFB la comercialización de la Gasolina Especial plus, conforme a las especificaciones de calidad de la Gasolina Especial plus.

Actualmente este combustible ya se comercializa en los departamentos de La Paz, Cochabamba y Santa Cruz, mediante las Plantas operadas por YPFB Logística S.A. Cabe señalar que en las mismas no cuentan con un tanque diseñado específicamente para el almacenamiento de alcohol anhidro.

El Alcohol Anhidro es un tipo de alcohol etílico que se caracteriza por tener bajo contenido de agua y ser compatible para mezclar con gasolinas en cualquier proporción para producir un combustible oxigenado con mejores características. El alcohol anhidro se utiliza como combustible cuando se mezcla con gasolina en cierta proporción de volumen.

La resolución ministerial 042/2019, en su disposición única transitoria, instruye que Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos y la Agencia Nacional de Hidrocarburos deberán coordinar, establecer e implementar las condiciones técnicas, logísticas, operativas y de seguridad necesarias para la comercialización y distribución del nuevo combustible con octanaje RON 85, resultante de la mezcla de la Gasolina Base 81 con hasta ocho % de alcohol anhidro (RESOLUCIÓN MINISTERIAL, MH, 2019) con el objeto de sustituir gradualmente la gasolina Especial en todo el país y así cumplir con la finalidad de la Ley N° 1098 de fecha 15 de septiembre de 2018.

Las distintas proporciones de alcohol anhidro en la gasolina definirán al combustible, y le darán características de funcionamiento diferentes: Súper Etanol 92.- Mezcla de 88 % de gasolina especial con 12 % de alcohol anhidro. Ésta es la mayor proporción de alcohol generalmente

recomendada por los fabricantes de automóviles en los Estados Unidos.

Gasolina Especial Plus.- Mezcla del 92 % de gasolina especial con 8 % de alcohol anhidro que puede usarse en los motores de la mayoría de automóviles modernos sin producir daños en ellos.

DESARROLLO

A partir de los certificados de verificación de alcohol anhidro durante una semana, se obtuvo la gravedad específica promedio.

Mediante la ecuación 1 se obtuvieron los grados API:

$$^{\circ}\text{API} = \frac{141,5}{\text{Gravedad específica}} - 131,5 \quad \text{Ec. 1}$$

Mediante tablas se corrigieron los grados API de productos generalizados a 60 °F en base a la API 650, Storage Tanks Adendum

2. Despejando en la ecuación 1 se obtiene la gravedad específica corregida.

Los resultados de estos cuatro valores se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Gravedad específica, Grados API, Grados API corregidos a 60 °F y gravedad específica corregida de 6 días.

Día	Gravedad Específica	Grados API	Grados API Corregido a 60 °F	Gravedad Específica Corregida
1	0,8448	36,0	35,8	0,8458
2	0,8251	40,0	39,5	0,8275
3	0,8324	38,5	38,7	0,8314
4	0,8473	35,5	35,3	0,8483
5	0,8270	39,6	39,4	0,8280
6	0,8458	35,8	36,4	0,8427

La gravedad específica promedio es de 0,8374. Con este valor se calculó la densidad del alcohol anhidro promedio de 6,98 lpg.

Diseño del Tanque de Almacenamiento de Alcohol Anhidro De acuerdo a la demanda de gasolina, se proyecta para los siguientes 20 años, un volumen de alcohol anhidro con una tasa de crecimiento de 1.43 %. Para el 2040, el volumen estimado más alto es 747438 litros, por ende, se determina que la capacidad del tanque de almacenamiento que se implementa debe tener un volumen de 750000 litros.

Se procede a encontrar la altura del fluido a almacenar. Para ello se encuentra el diámetro del tanque que adopta la relación de los tanques de las Plantas de Almacenajes de Hidrocarburos Líquidos, PAHL, con similar volumen de almacenaje. Se toman en cuenta los diámetros de los tanques TK-211 10,80 m (825600 litros) y TK-2939 9,14 m (785773 litros). Por interpolación, se determina el diámetro de 8,92 m, y una altura de 12,00 m para el tanque, q una presión equivalente de 14,29 psi.

Para la determinación de accesorios del tanque se toman en cuenta lo siguiente: Manhole, empaque, tubería de recepción y de despacho, filete de la soldadura.

El Manhole deberá tener un diámetro de 30 in. La plancha de la tapa deberá tener un espesor de 5/8 in. El espesor de la brida empernada 1/2 in.

El Empaque deberá ser de Neopreno 70A con un diámetro externo de 36,26 in e interno de 30 in. El diámetro de los pernos de 22,2 mm.

El espesor nominal de la placa: 3/16 in el cuello del Manhole de 3/16 in, 1/2 in el espesor del tubo de recepción y despacho, 3/16 in el tamaño del filete de soldadura "B", 1/4 in el tamaño del filete de soldadura "A".

La altura total del tanque es de 14,4 m, debido a que, de acuerdo a norma, el volumen total del tanque debe sobrepasar un 10 % al volumen del diseño, y el número de anillos de que estará compuesto es de 8. El material a utilizar para las placas será acero al carbono A36M, recomendado por el estándar API 650 en el diseño de tanques de almacenamiento.

El espesor para los diferentes anillos del tanque, tomando en cuenta

un rango de corrosión de 3 mm, se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Diseño de Espesores de los anillos del tanque de almacenamiento.

Anillo	Altura, m	Espesor por diseño, mm	Espesor por hidrostática, mm	Espesor por diseño + corrosión, mm	Espesor final, mm
Primero	14,64	6,40	2,99	9,40	17,5
Segundo	12,81	6,00	2,52	9,00	15,9
Tercero	10,98	5,56	2,06	8,56	14,3
Cuarto	9,15	5,14	1,59	8,14	12,7
Quinto	7,32	4,73	1,12	7,73	11,1
Sexto	5,49	4,31	0,65	7,31	9,5
Séptimo	3,66	3,89	0,18	6,89	7,9
Octavo	1,83	3,47	-0,28	6,47	6,4

El espesor de fondo de tanque de 9,5 mm y del techo 15,9 mm.

Para la determinación del momento de volteo se toman en cuenta:

Coefficiente sísmico (z) = 0.25, factor de rigidez (I) = 1, una masa total del fluido de 628611,363 kg, Con la relación del diámetro y altura del tanque se encuentra el valor de los porcentajes para encontrar W_1 de 565750,23 kg y W_2 de 119436,16 kg.

El centroide de la fuerza sísmica se utiliza para determinar las fuerzas de levantamiento como las fuerzas de compresión que actúan sobre la carcasa del tanque. Se determina $X_1 = 6,48$ m y $X_2 = 11,66$ m.

Para los coeficientes de fuerzas laterales sísmicas, C_1 y C_2 , requeridos para los cálculos sísmicos, de acuerdo con API 650, se utiliza $k = 0,58$ con un periodo natural de ondulación 0,76 s.

Para el tipo de suelo intermedio con Factor S = 1,2, se obtiene un valor de $C_2 = 0,47$ y $C_1 = 0.6$, recomendado por norma consistente con el Código Uniforme de Construcción. El peso del techo es de 15561,26 kg, mientras que el peso total del cuerpo del tanque se reporta en la tabla 3.

Tabla 3. Determinación el peso total del cuerpo del tanque

Anillo	Peso, kg
Primero	7023,31
Segundo	6384,87
Tercero	5746,44
Cuarto	5108,00
Quinto	4469,05
Sexto	3830,62
Séptimo	3192,18
Octavo	2553,74
Total	38307,71

Su centroide se establece a 7,20 m. El Momento de Volteo es de 787685,36 kg·m. La Resistencia a la Volcadura del Fondo del Tanque de 489,25 kg·m.

La prueba no destructiva seleccionada es la prueba hidrostática que debe realizarse a 34 psi.

El tanque se ubica dentro de la planta de Almacenaje de Hidrocarburos Líquidos YPFB Logística S. A., "Palmasola", en un área de 732 m2 con un perímetro de 111 m, a una distancia mínima de 16,03 m de los demás tanques y una distancia al Límite de la Propiedad, incluyendo la vía pública, de 4,46 m, cumpliendo así la restricción de la norma NFPA 30. Para el Muro Contención de Derrames se toma en cuenta un 15 % adicional al volumen neto del tanque con el fin de cumplir la normativa vigente.

El volumen que debe contener el muro es de 862500 litros, siendo sus dimensiones 24,92 x 17,92 x 1,93 m como se muestra en la figura 1.



Figura 1. Vista del dimensionamiento del muro de contención de derrames.

Cuenta con dos hidrantes en los extremos del tanque, cumpliendo con la distancia mínima de 30 m.

Las tuberías de recepción y de despacho están apoyadas en soportes elevados y se instalan de forma que permitan el fácil y completo acceso de los equipos de operación. La longitud de ambas líneas es de 504 m y deben pasar por la sala de bombas.

Las características de las líneas de recepción y despacho se muestran en la tabla 4.

Tabla 4. Características de las líneas de recepción y despacho del tanque de almacenamiento de alcohol anhidro.

	Línea de Despacho	Línea de Recepción
Área, m ²	0,008107	0,032000
Velocidad, m/s	0,213	0,134
Número de Reynolds	15500	19449
Factor de rugosidad:	0,00045	0,00023
Factor de fricción	0,030	0,029
Diferencial de Presión, psi	0,513	0,183
Determinación del Diámetro, in	4,00	6,74
Determinación del espesor		
t, in	0,020	0,035
tn, in	0,016	0,028
OD, in	4,500	8,625
t	0,125	0,188
ID, in	4,25	8,25

Tabla 5. Características del tanque de almacenamiento de alcohol anhidro.

Característica	Valor
Fluido a almacenar	Alcohol anhidro
Volumen total del fluido, m ³	750
Altura del fluido, m	12
Diámetro, m	8,92
Volumen total, m ³	899,4
Altura total, m	14,4
Gravedad específica del fluido	0,8374
Densidad del fluido, lpg	6,98
Clasificación NFPA 30 del fluido	IB
Tipo de placa	ASTM A36M
Espesor del techo, mm	15,9
Número de anillos	8
Espesor del primer anillo, mm	17,5
Espesor del segundo anillo, mm	15,9
Espesor del tercer anillo, mm	14,3
Espesor del cuarto anillo, mm	12,7
Espesor del quinto anillo, mm	11,1
Espesor del sexto anillo, mm	9,5
Espesor del séptimo anillo, mm	7,9
Espesor del octavo anillo, mm	6,4
Espesor del fondo, mm	9,5
Espesor del techo, mm	15,9
Presión de diseño, psi	14,7
Temperatura de diseño, °C	33
Presión dinámica, Pa 1	0,98
Momento de volteo del tanque, kg·m	787685,36
Presión de prueba no destructiva, psi	34

DISCUSIÓN

Se establecieron las características del tanque de almacenamiento, la ubicación del tanque en la Planta de Almacenaje de Hidrocarburos Líquidos “Palmasola”, el muro de contención de derrames y se delimitaron las líneas de recepción y de despacho, con sus respectivos diámetros, para una mezcla óptima de la gasolina con alcohol anhidro, mediante la norma NFPA 30.

En la tabla 5 se reportan las características finales del tanque para el almacenamiento del alcohol anhidro.



Figura 2. Vista de la configuración final del tanque y muro de contención de derrames de almacenamiento de alcohol anhidro en la Planta de Almacenaje de Hidrocarburos Líquidos “Palmasola”.

REFERENCIAS

- ANH. (2017). Decreto Supremo N° 3269. Bolivia.
- ANH. (2019). Resolución Ministerial 042/19. Bolivia.
- API 650. (2009). Welded Tanks for Oil Storage. 11va Ed. ADDENDUM 2.
- API 650. (2009). Welded Tanks for Oil Storage; APENDIX A, B, E, H 11va Ed. ADDENDUM 2.
- Myers, P. E. (1997). Aboveground Storage Tanks. New York: McGraw-Hill.
- Decreto Supremo 24335 (1996). Reglamento Ambiental Para el Sector Hidrocarburos. Bolivia.
- API 650. (2009). Tanques de Almacenamiento, Parte I: Código, Materiales, Diseño, Pared; Fondo, Placa anular. Arveng.
- Distribuidora De Carburantes S.R.L (2020), Certificado de verificación de laboratorio del alcohol anhidro. Bolivia.
- Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos Logística (2020), Demanda de despachos de gasolina. Bolivia

