

	TIPO DE DOCUMENTO:	CÓDIGO DE DOCUMENTO:
	MEMORIA DE CÁLCULO	COA-2404-OR-MC-002
	PROYECTO:	HOJA:
	ADECUACIÓN ESTACIÓN VILLA MONTES POLIDUCTOS	1 de 12
	TÍTULO:	
	MEMORIA DE CÁLCULO AISLAMIENTO TÉRMICO	

## ÍNDICE DE REVISIONES

Fecha	Revisión	Observaciones
-------	----------	---------------



Fecha	Revisión	Observaciones
23/01/2025	A	Para revisión
28/01/2025	B	Emitido para revisión
15/02/2025	0	Aprobado para Construcción.

Ricardo Sejas Procesos	Luis Flores Coord. de Ingeniería	Marcos Choque Gerente de Proyecto
ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR

	TIPO DE DOCUMENTO: <b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	CÓDIGO DE DOCUMENTO: <b>COA-2404-OR-MC-002</b>
	PROYECTO: <b>ADECUACIÓN ESTACIÓN VILLA MONTES POLIDUCTOS</b>	HOJA: 2 de 12
	TÍTULO: <b>MEMORIA DE CÁLCULO AISLAMIENTO TÉRMICO</b>	

## ÍNDICE GENERAL

1.	OBJETIVOS	3
2.	ALCANCE	3
3.	REFERENCIAS	3
3.1.	DOCUMENTOS DE REFERENCIA	3
4.	UBICACIÓN DEL PROYECTO	3
5.	BASES DE DISEÑO	5
5.1.	PROPIEDADES DE LOS FLUIDOS	5
5.2.	METODOLOGÍA DE VERIFICACIÓN	5
6.	DESARROLLO	6
6.1.	ESCENARIO 1 – TUBERÍA DESNUDA	7
6.2.	ESCENARIO 2 – TUBERÍA CON AISLAMIENTO	8
7.	CONCLUSIONES	10
8.	ANEXOS	11
8.1.	ANEXO 1 – SIMULACIONES	11
8.2.	ANEXO 2 - CERTIFICADO DE CALIDAD GLP (CROMATOGRAFÍA)	11
8.3.	ANEXO 2 – HOJA DE DATOS DE AISLANTE LANA DE ROCA	12

	TIPO DE DOCUMENTO: <b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	CÓDIGO DE DOCUMENTO: <b>COA-2404-OR-MC-002</b>
	PROYECTO: <b>ADECUACIÓN ESTACIÓN VILLA MONTES POLIDUCTOS</b>	HOJA: 3 de 12
	TÍTULO: <b>MEMORIA DE CÁLCULO AISLAMIENTO TÉRMICO</b>	

## 1. OBJETIVOS

Verificar y dimensionar la necesidad de aislamiento térmico en las líneas aéreas de GLP, con el fin de evitar la evaporación del producto y la posible cavitación de las bombas.

## 2. ALCANCE

La verificación de necesidad de aislamiento será realizada, mediante la simulación detallada (geométrica y de transferencia de calor) del arreglo de tuberías que inician en los tanques salchicha TK-189/90/91 y finaliza en la succión de las bombas booster P-200A/B.

## 3. REFERENCIAS



### 3.1. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

[Ref. 1] COA-2404-OR-MC-002	Memoria de cálculo hidráulico facilidades operativas: procesos, bombas en serie, independiente y paralelo.
[Ref. 2] PP-2VPNO/GIND-21	Certificado de calidad de GLP (Ver anexos).
[Ref. 3] ROCKWOOL 001	Hoja de Datos de Lana de Roca (Ver anexos).
[Ref. 4] TJ-E211-PR-00-03-01 DE 04	Diagrama de Flujo del Proceso PFD Estación Villamontes Poliducto.
[Ref. 5] TJ-E211-ME-00-05-01 DE 03	Maqueta 3D.

## 4. UBICACIÓN DEL PROYECTO

El Poliducto PVT se encuentra ubicado en el departamento de Tarija, inicia en la Estación Cabecera de Villa Montes KP 0+000 situada a 380 msnm, se proyecta hacia el Sur hasta el KP 107+271 donde se encuentra ubicada la estación intermedia de Entre Ríos a una altitud de 1562 msnm y termina en la Estación de Tarija, ubicada en la ciudad de Tarija a 1860 msnm en la progresiva 176+033 Km.

El poliducto PVT actualmente transporta Gas Licuado de Petróleo (GLP), Gasolina Especial (GE) y Diésel Oíl (DO).

 	TIPO DE DOCUMENTO: <b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	CÓDIGO DE DOCUMENTO: <b>COA-2404-OR-MC-002</b>
	PROYECTO: <b>ADECUACIÓN ESTACIÓN VILLA MONTES POLIDUCTOS</b>	HOJA: 4 de 12
	TÍTULO: <b>MEMORIA DE CÁLCULO AISLAMIENTO TÉRMICO</b>	

**Tabla 1: Condiciones ambientales y geográficas – Estación Villa Montes**


<b>Ubicación</b>	Coordenada Norte: 7648017.00	Coordenada Este: 453197.03
	Departamento	Tarija
	Provincia	Gran Chaco
<b>Altitud</b>	m.s.n.m.	383
<b>Zona</b>		Llanura Chaqueña
<b>Humedad Relativa</b>	%	61 - 66
<b>Caracterización sísmica</b>		Según estándar ASCE/SEI 7-05
<b>Temperatura ambiente</b>	Mínima	23°F – (-5.8 °C)
	Promedio	80.6°F – (27.0°C)
	Máxima	114.8 °F – (46.2 °C)
<b>Precipitación diaria</b>	Máxima	1288 mm/año
	Media	486 mm/año

**Fuente:** Bases de diseño

**Figura 1: Estación de Bombeo Villamontes**



**Fuente:** Google Earth

	TIPO DE DOCUMENTO: <b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	CÓDIGO DE DOCUMENTO: <b>COA-2404-OR-MC-002</b>
	PROYECTO: <b>ADECUACIÓN ESTACIÓN VILLA MONTES POLIDUCTOS</b>	HOJA: 5 de 12
	TÍTULO: <b>MEMORIA DE CÁLCULO AISLAMIENTO TÉRMICO</b>	

## 5. BASES DE DISEÑO

### 5.1. PROPIEDADES DE LOS FLUIDOS

**Tabla 2: Cromatografía del GLP**

Compuesto	C1	C2	C3	iC4	nC4	iC5	nC5	C6+	Total
%	0.0	2.625	62.502	13.979	19.267	1.517	0.109	0.0	100

**Fuente:** Calidad del GLP [Ref. 2]

**Tabla 3: Condiciones de Operación en TK de GLP**

CONDICIÓN DE OPERACIÓN	VALOR
Presión de operación (psig)	110
Temperatura de operación (°C)	34
Caudal (USgpm)	93.5

**Fuente:** Diagrama de Flujo PFD [Ref. 4]

### 5.2. METODOLOGÍA DE VERIFICACIÓN



Para la verificación de necesidad de aislamiento termino, se utilizará el simulador Aspen HYSYS, y su herramienta pipe segment, modelando de forma detallada todo el arreglo de tuberías, válvulas y accesorios que se muestran en la maqueta 3D [Ref. 5]. El detalle de simulación comprende incluye también la transferencia de calor para los tramos aéreos y tramos enterrados de las tuberías.

#### **Escenario 1 - Tubería desnuda:**

Se realizará una simulación inicial con las tuberías aéreas desnudas, es decir sin aislamiento térmico, se verificará si el GLP se mantiene en estado líquido o se gasifica.

#### **Escenario 2 - Tubería con aislamiento:**

En caso de probabilidad de gasificación del GLP, se procederá a desarrollar una simulación con aislante termino en los tramos aéreos, se utilizará el aislante térmico comercial Lana de

	TIPO DE DOCUMENTO: <b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	CÓDIGO DE DOCUMENTO: <b>COA-2404-OR-MC-002</b>
	PROYECTO: <b>ADECUACIÓN ESTACIÓN VILLA MONTES POLIDUCTOS</b>	HOJA: 6 de 12
	TÍTULO: <b>MEMORIA DE CÁLCULO AISLAMIENTO TÉRMICO</b>	

Roca, el cual tiene una conductividad térmica de  $0.037 \text{ W}/(\text{m}^{\circ}\text{K})$  según su hoja de datos (ver anexos).

**Figura 2: Conductividad Térmica de “Lana de Roca”**

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Característica	Valor
Densidad nominal	$70 \text{ kg}/\text{m}^3$
Conductividad térmica	$0.037 \text{ W}/(\text{m}^{\circ}\text{K})$

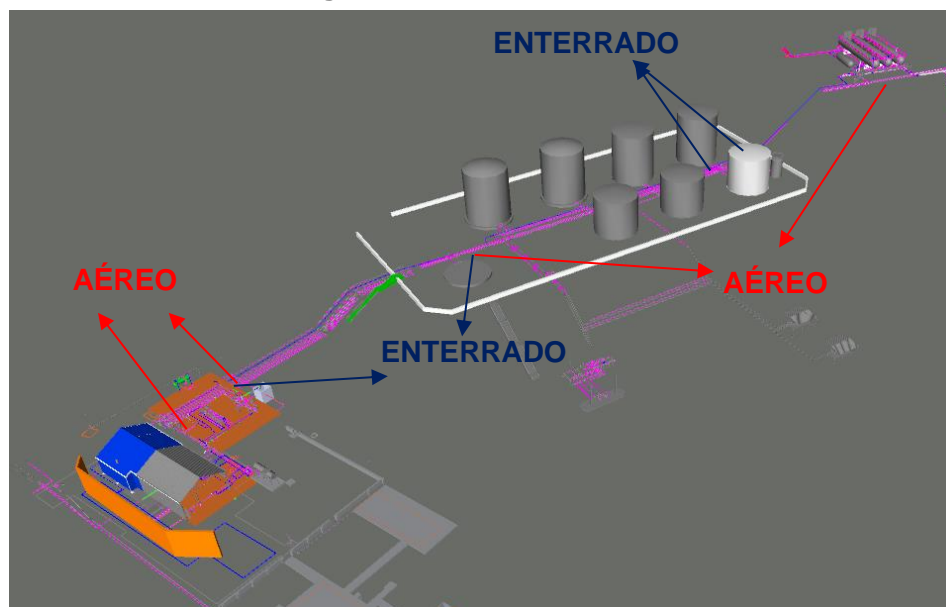
**Fuente:** Hoja de datos de lana de roca

Este escenario incluye la verificación del espesor requerido de aislante térmico.


## 6. DESARROLLO

Para la identificación de la posible gasificación del GLP, se tomará en cuenta la temperatura ambiental máxima de la Tabla 1,  $46.2^{\circ}\text{C}$ .

**Figura 3: Tubería a Evaluar**

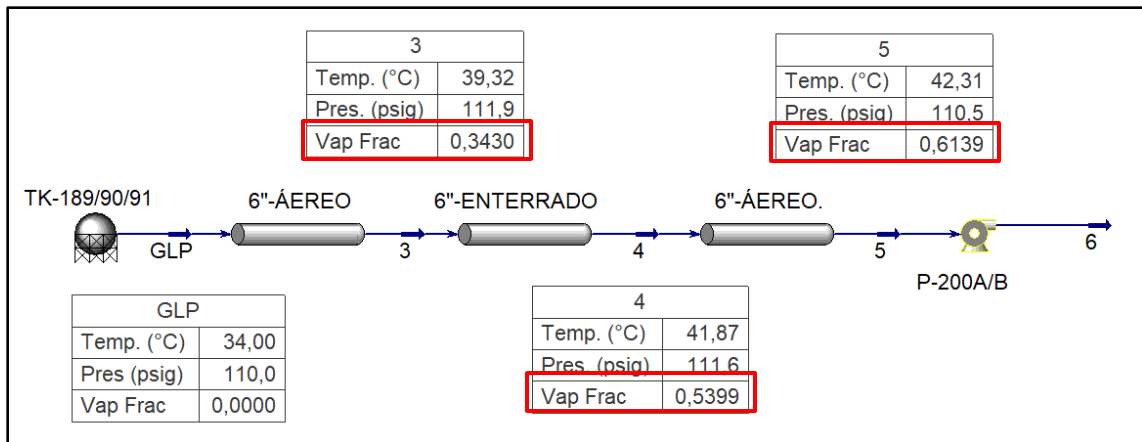


**Fuente:** Maqueta 3D [Ref. 5]

 <b>Transporte S.A.</b>	TIPO DE DOCUMENTO: <b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	CÓDIGO DE DOCUMENTO: <b>COA-2404-OR-MC-002</b>
	PROYECTO: <b>ADECUACIÓN ESTACIÓN VILLA MONTES POLIDUCTOS</b>	HOJA: 7 de 12
	TÍTULO: <b>MEMORIA DE CÁLCULO AISLAMIENTO TÉRMICO</b>	

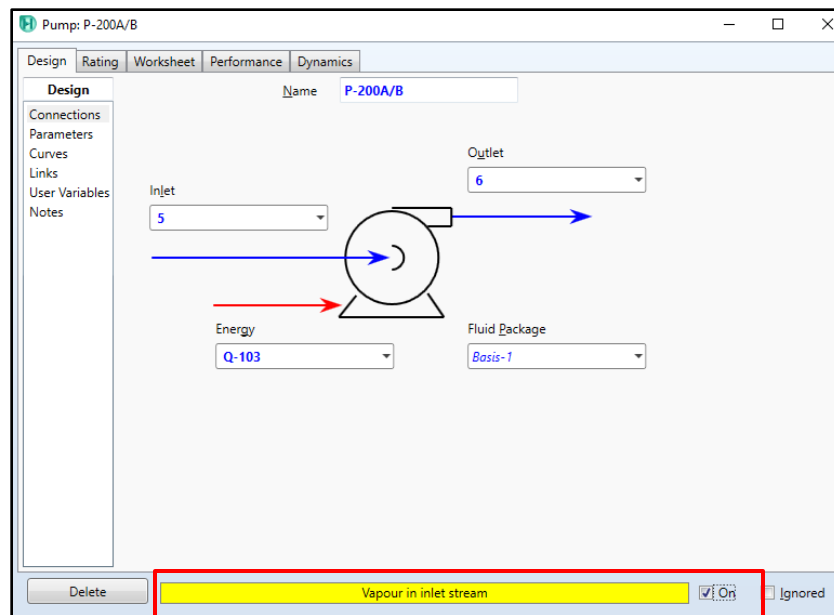
## 6.1. ESCENARIO 1 – TUBERÍA DESNUDA

**Figura 4: Simulación Sin Aislamiento**




**Fuente:** Captura de simulación con Aspen HYSYS.

**Figura 5: Vapor en el ingreso a las bombas**



**Fuente:** Captura de simulación con Aspen HYSYS.

	TIPO DE DOCUMENTO: <b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	CÓDIGO DE DOCUMENTO: <b>COA-2404-OR-MC-002</b>
	PROYECTO: <b>ADECUACIÓN ESTACIÓN VILLA MONTES POLIDUCTOS</b>	HOJA: 8 de 12
	TÍTULO: <b>MEMORIA DE CÁLCULO AISLAMIENTO TÉRMICO</b>	

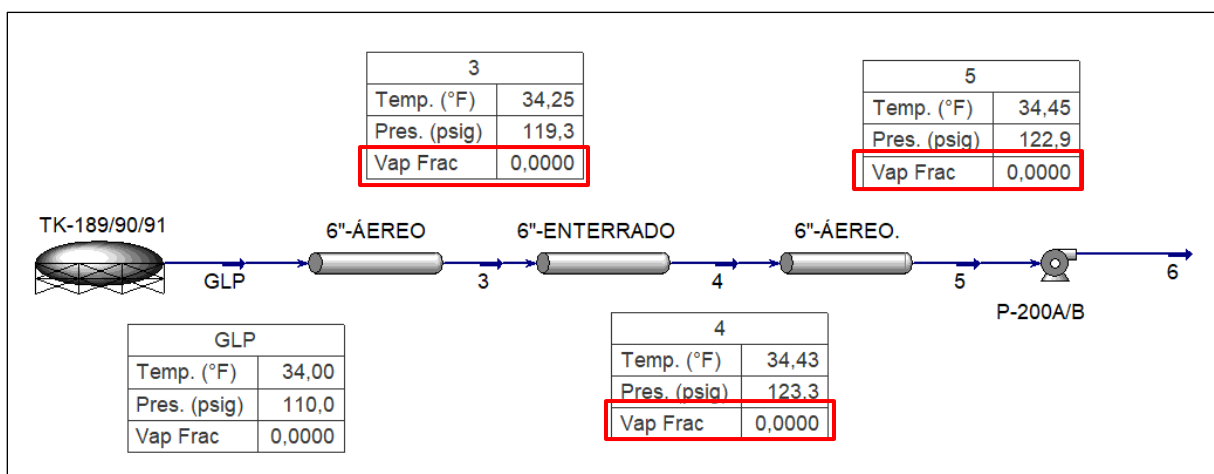
Como se puede observar en la Figura 4, la temperatura del GLP en el tanque es de 34°C a 110 psig (dato tomado en campo), posteriormente, las corrientes de salida de los tramos aéreos muestran que las temperaturas del GLP se incrementa hasta 39.32°C y 42.31°C respectivamente.

La temperatura de ingreso a la bomba es de 42.31°C, a esta temperatura y su respectiva presión de 110.5 psig, el GLP está en estado vapor al 60%, lo cual provoca una cavitación en las bombas booster, tal como se puede ver en la Figura 5, que indica que en la corriente de ingreso de la bomba existe vapor.

Por lo anterior, se ve la necesidad de aislar térmicamente las todas las líneas aéreas del sistema de GLP, para evitar la vaporización de dicho producto.



## 6.2. ESCENARIO 2 – TUBERÍA CON AISLAMIENTO

**Figura 6: Simulación con aislamiento**



**Fuente:** Captura de simulación con Aspen HYSYS.



 	TIPO DE DOCUMENTO: <b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	CÓDIGO DE DOCUMENTO: <b>COA-2404-OR-MC-002</b>
	PROYECTO: <b>ADECUACIÓN ESTACIÓN VILLA MONTES POLIDUCTOS</b>	HOJA: 9 de 12
	TÍTULO: <b>MEMORIA DE CÁLCULO AISLAMIENTO TÉRMICO</b>	

**Figura 7: Aislante en tuberías - tramos aéreas**

Heat Transfer Coefficient Estimation

Ambient Temperature: **46,000 C**

☒ Include Pipe Wall:      ☒ Global      ☐ By Segment

☒ Include Inner HTC:      Correlation      **Profes**

☒ Include Insulation:
 

Insulation Type	<b>User Specified</b>
Thermal Conductivity	<b>3,7000e-002 W/m-K</b>
Thickness	<b>1,0000 in</b>

☒ Include Outer HTC:
 

Ambient Medium	<b>Air</b>
Velocity	<b>22,000 ft/s</b>

**Fuente:** Captura de simulación con Aspen HYSYS.

**Figura 8: Profundidad en tramos enterrados**

Heat Transfer Coefficient Estimation

Ambient Temperature: **46,000 C**

☒ Include Pipe Wall:      ☒ Global      ☐ By Segment

☒ Include Inner HTC:      Correlation      **Profes**



☐ Include Insulation:
 

Insulation Type	<b>No Insulation</b>
Thermal Conductivity	<b>&lt;empty&gt;</b>
Thickness	<b>&lt;empty&gt;</b>

☒ Include Outer HTC:
 

Ambient Medium	<b>Ground</b>
GroundType	<b>Dry Sand</b>
Ground Conductivity	<b>0,50000 W/m-K</b>
Buried Depth	<b>0,60000 m</b>

**Fuente:** Captura de simulación con Aspen HYSYS

	TIPO DE DOCUMENTO: <b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	CÓDIGO DE DOCUMENTO: <b>COA-2404-OR-MC-002</b>
	PROYECTO: <b>ADECUACIÓN ESTACIÓN VILLA MONTES POLIDUCTOS</b>	HOJA: 10 de 12
	TÍTULO: <b>MEMORIA DE CÁLCULO AISLAMIENTO TÉRMICO</b>	


La figura 6, muestra el sistema de tuberías de GLP con aislamiento térmico, como se puede observar en esta figura, la fracción de vapor (FRAC VAP) es igual cero, lo cual indica que todo el fluido se mantiene en estado líquido.

La figura 7 muestra que, se utilizó conductividad térmica del aislante de  $0.037 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$  (ver anexos), el cual corresponde a Lana de Roca, el espesor mínimo requerido de este aislante debe ser de 1", tal como se ve en la Figura 7.

La figura 8 muestra la configuración de transferencia de calor de los tramos enterrados, como se puede ver en esta figura, la profundidad enterrada evaluada es de 0.6 metros, la cual es suficiente para evitar que el GLP se vaporice.



## 7. CONCLUSIONES

- Se ha evaluado la posible gasificación del GLP Estación Villa Montes mediante simulaciones detalladas en Aspen HYSYS.
- En caso de que las tuberías aéreas del sistema de GLP se mantengan sin aislamiento, este producto se vaporiza inminentemente, ya que el GLP se calienta al estar sus tuberías expuestas a la temperatura ambiental de  $46^{\circ}\text{C}$ .
- Para evitar que el GLP se evapore, evitando también la cavitación de bombas booster, se debe aislar las líneas aéreas del sistema de GLP con aislante "Lana de Roca", la cual debe tener un espesor mínimo de 1 pulgada, tal como se puede ver en la Figura 7 del documento.
- La profundidad enterrada evaluada en las simulaciones es de 0.6 metros, lo cual es suficiente para evita vaporización del GLP.

	TIPO DE DOCUMENTO: <b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	CÓDIGO DE DOCUMENTO: <b>COA-2404-OR-MC-002</b>
	PROYECTO: <b>ADECUACIÓN ESTACIÓN VILLA MONTES POLIDUCTOS</b>	HOJA: 11 de 12
	TÍTULO: <b>MEMORIA DE CÁLCULO AISLAMIENTO TÉRMICO</b>	

## 8. ANEXOS

### 8.1. ANEXO 1 – SIMULACIONES

<b>SIMULACIÓN SIN AISLAMIENTO</b>	 Sin Aislamiento_A.hsc
<b>SIMULACIÓN CON AISLAMIENTO</b>	 Con Aislamiento_A.hsc

### 8.2. ANEXO 2 - CERTIFICADO DE CALIDAD GLP (CROMATOGRAFÍA)

COMPOSICIÓN (% Vol. Liq)									
CROMATOGRAFÍA	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	i-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	n-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	i-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	n-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	C <sub>6</sub> +	TOTAL
GLP	0.0000	2.6250	62.5021	13.9782	19.2879	1.5173	0.1095	0.0000	100.0000%

N°	PRUEBA	METODO	ESPECIFICACIÓN		UNIDAD	RESULTADO
			MINIMO	MAXIMO		
1	Gravedad específica a 15,6/15,6 °C	ASTM D-2596	0.52	0.57	-	0.5247
2	Tensión de vapor a 100 °F (38°C)	ASTM D-1267	80	170	psig.	144.00
3	Puntano y más pasados	ASTM D-2163		2	%Vol	1.5258
4	Corrosión lámina de cobre	ASTM D-1838		1	-	1
5	Azútre total	UOP-791		100	ppm/P	1.5
6	Humedad	ASTM D-2713		Negativo	-	Negativo
7	Poder calorífico superior	ASTM D-3588		Informar	BTU/lb	2737.34
8	Contenido de Etano	ASTM D-2163		3	% Vol.	2.6250

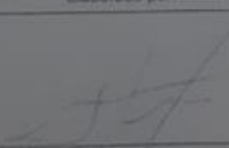
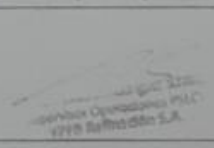
  


COMPOSICIÓN:	
% C <sub>2</sub>	% C <sub>3</sub>
60.0546	36.2353

OBSERVACIONES:

Elaborado por:	Aprobado por:
 Firma: Nombre:	 Firma: Nombre:

	TIPO DE DOCUMENTO: <b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>	CÓDIGO DE DOCUMENTO: <b>COA-2404-OR-MC-002</b>
	PROYECTO: <b>ADECUACIÓN ESTACIÓN VILLA MONTES POLIDUCTOS</b>	HOJA: 12 de 12
	TÍTULO: <b>MEMORIA DE CÁLCULO AISLAMIENTO TÉRMICO</b>	

### 8.3. ANEXO 2 – HOJA DE DATOS DE AISLANTE LANA DE ROCA

#### ROCKWOOL 001

#### ROCKWOOL 001



#### PRODUCTO

Borra para insuflar mecánicamente.

#### APLICACIONES

Aislamiento térmico y acústico de las cámaras de aire de muros de doble hoja, como pueden ser de fábrica de ladrillo cerámico, de bloques de hormigón, de mampostería o entramado ligero de madera, en obras ya existentes.



Rapidez y sencillez de instalación.

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Característica	Valor	Norma																																																									
Densidad nominal	70 kg/m <sup>3</sup>	EN1602																																																									
Conductividad térmica	0.037 W/(m*K)	EN 12667																																																									
Resistencia térmica	<table><tr><th>Espesor en mm</th><th>R(m2K/W)</th><th>Nº Sacos/100 m<sup>2</sup></th></tr><tr><td>30</td><td>0,8</td><td>7,1</td></tr><tr><td>40</td><td>1,05</td><td>9,5</td></tr><tr><td>50</td><td>1,35</td><td>11,9</td></tr><tr><td>60</td><td>1,6</td><td>14,3</td></tr><tr><td>70</td><td>1,85</td><td>16,7</td></tr><tr><td>80</td><td>2,15</td><td>19</td></tr><tr><td>90</td><td>2,4</td><td>21,4</td></tr><tr><td>100</td><td>2,7</td><td>23,8</td></tr><tr><td>110</td><td>2,95</td><td>26,2</td></tr><tr><td>120</td><td>3,2</td><td>28,6</td></tr><tr><td>130</td><td>3,5</td><td>30,9</td></tr><tr><td>140</td><td>3,75</td><td>33,3</td></tr><tr><td>150</td><td>4,05</td><td>35,7</td></tr><tr><td>160</td><td>4,3</td><td>38,1</td></tr><tr><td>170</td><td>4,55</td><td>40,5</td></tr><tr><td>180</td><td>4,85</td><td>42,8</td></tr><tr><td>190</td><td>5,1</td><td>45,2</td></tr><tr><td>200</td><td>5,4</td><td>47,6</td></tr></table>	Espesor en mm	R(m2K/W)	Nº Sacos/100 m <sup>2</sup>	30	0,8	7,1	40	1,05	9,5	50	1,35	11,9	60	1,6	14,3	70	1,85	16,7	80	2,15	19	90	2,4	21,4	100	2,7	23,8	110	2,95	26,2	120	3,2	28,6	130	3,5	30,9	140	3,75	33,3	150	4,05	35,7	160	4,3	38,1	170	4,55	40,5	180	4,85	42,8	190	5,1	45,2	200	5,4	47,6	
Espesor en mm	R(m2K/W)	Nº Sacos/100 m <sup>2</sup>																																																									
30	0,8	7,1																																																									
40	1,05	9,5																																																									
50	1,35	11,9																																																									
60	1,6	14,3																																																									
70	1,85	16,7																																																									
80	2,15	19																																																									
90	2,4	21,4																																																									
100	2,7	23,8																																																									
110	2,95	26,2																																																									
120	3,2	28,6																																																									
130	3,5	30,9																																																									
140	3,75	33,3																																																									
150	4,05	35,7																																																									
160	4,3	38,1																																																									
170	4,55	40,5																																																									
180	4,85	42,8																																																									
190	5,1	45,2																																																									
200	5,4	47,6																																																									
Reacción al fuego	A1	EN 13501.1																																																									
Absorción de agua a corto plazo	WS   Absorción de agua < 1,0 Kg/m <sup>2</sup>	EN 1609																																																									
Transmisión de vapor de agua	MU1   μ = 1	EN 12086																																																									

#### Ventajas

**ROCKWOOL**  
FIRESAFE INSULATION

CREATE AND PROTECT®

03-05-2016 15:11