



Tecumseh

COMMERCIAL
REFRIGERATION

REFRIGERATION
COMMERCIALE

GEWERBLICHE
KÜHLUNG

REFRIGERACIÓN
COMERCIAL

GUIDELINES FOR USING R449A/R452A

p.3 - 18

RECOMMANDATIONS POUR L'UTILISATION DES REFRIGERANTS R449A/R452A

p.19 - 34

RICHTLINIEN ZUR VERWENDUNG VON R449A/R452A

s.35-50

DIRECTRICES DE USO DE LOS REFRIGERANTES R449A/R452A

p.51-60

www.tecumseh.com

Guidelines for using R449A and R452A in new and existing commercial refrigeration

Recommandations pour l'utilisation des réfrigérants R449A et R452A dans des installations de réfrigération commerciale neuves ou existantes

Richtlinien zur Verwendung von R449A und R452A in neuen und bestehenden gewerblichen Kälteanlagen

Directrices de uso de los refrigerantes R449A y R452A en sistemas de refrigeración comercial nuevos o existentes

Guidelines for using R449A and R452A in new and existing commercial refrigeration systems

1. R449A and R452A refrigerants context

Tecumseh Products Company does not recommend the retrofit of existing refrigeration systems that are operating leak free. If the system is not leaking refrigerant to the atmosphere, and is operating properly, there is no reason to replace the refrigerant. Please check with the equipment manufacturer, as changing the refrigerant may void the safety certification.

This guideline aims to provide practical information and recommendations for using R449A or R452A in new and existing low, medium and high temperature commercial refrigeration systems. These recommendations are applicable to all Tecumseh hermetic reciprocating and rotary compressors (includes Tecumseh condensing units), with the exception of Masterflux® ranges. R449A or R452A should only be used in Tecumseh compressors approved for these refrigerants.

R449A and R452A are not direct drop-in replacements for R404A/R507. The capacity and efficiency will somewhat vary and there are differences that must be considered when handling, processing, applying or retrofitting refrigerants.

Unlike R452A, refrigerant R449A has higher discharge temperatures than R404A (10 to 30K; 18 to 54F) particularly at lower evaporating temperatures. Therefore, special precautions must be taken to ensure reliable compressor operation.

2. Environmental Data

R449A and R452A are mixtures of common hydrofluorocarbons (HFC) and new hydrofluoro-olefin molecule R1234yf (HFO), with composition changes detailed below.

	R507	R404A	R449A	R452A
R143a	50%	52%	0%	0%
R32	0%	0%	24%	11%
R125	50%	44%	25%	59%
R134a	0%	4%	26%	0%
R1234yf	0%	0%	25%	30%

R449A and R452A are both non-flammable. They have been assigned an A1 safety classification under ASHRAE 34 and EN 378 standards. A1 means that the substance is classified “non-dangerous” with the following nomenclature:

A = Low toxicity

1 = No flame propagation at 18°C / 64.4°F, 101300 Pa / 14.7 PSI.

However, because both R449A and R452A contain mildly flammable components R32 and R1234yf, they should not be mixed with air to check for system leaks as these mixtures can become combustible.

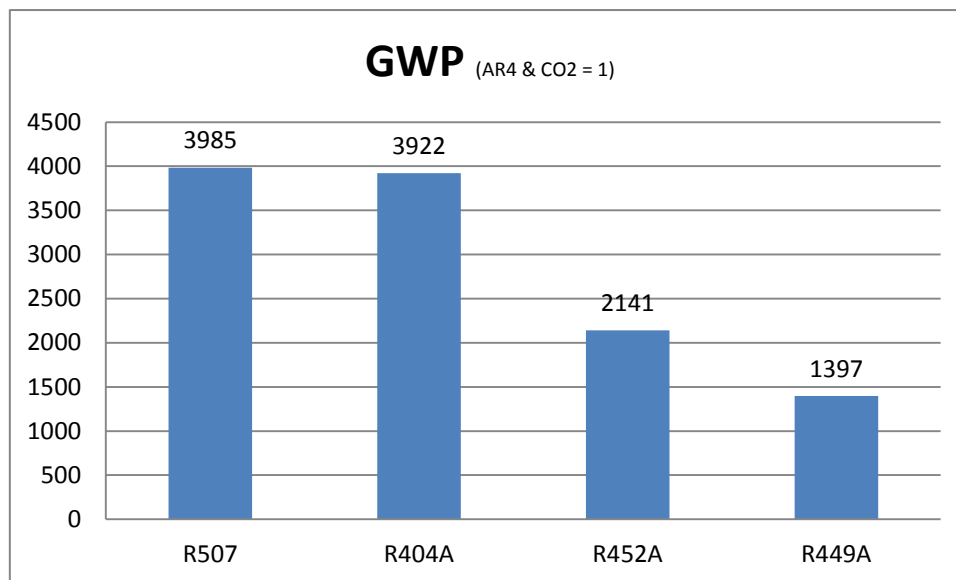
Other physical properties are shown in the following table.

Guidelines for using R449A and R452A in new and existing commercial refrigeration systems

2. Environmental Data (cont'd)

Refrigerant Properties	R404A	R449A	R452A
Boiling point at 1 bar (°C / °F)	-46.5 / -51.7	-46 / -50.8	-47 / -52.6
Critical temperature (°C / °F)	72.1 / 161.8	80.1 / 176.2	74.9 / 166.8
Critical pressure (bar abs / PSia)	37.3 / 541	44.1 / 639.6	40.0 / 580.2
Liquid density at 32°C / 90°F (kg/m ³)	1010	1061	1093
Vapor density at -30°C / -22°F (kg/m ³)	10.7	7.3	10.1

Chlorine is not present in R449A and R452A and consequently, these refrigerants have zero Ozone Depletion Potential (ODP). Their Global Warming Potential is 64% and 45% respectively lower than R404A.



3. Refrigerant Properties

Glide and heat exchanger performance

R404A is a quasi-azeotrope refrigerant blend, which means it condenses and boils at nearly the same temperature for a given pressure (temperature glide lower than 0.5K).

On the other hand, refrigerants R449A and R452A exhibit 1.5 to 5K (2.7 to 9.0F) of temperature glide, depending on the operating conditions (see following table).

Guidelines for using R449A and R452A in new and existing commercial refrigeration systems

3. Refrigerant Properties (cont'd)

Fluid \ T _{dew}	Effective Temperature Glide (K / F)			
	Evaporator			Condenser
	-35°C / -31°F	-10°C / 14°F	0°C / 32°F	45°C / 113°F
R404A	0.3 / 0.54	0.3 / 0.54	0.4 / 0.72	0.3 / 0.54
R449A	3.0 / 5.4	3.5 / 6.3	3.8 / 6.8	4.5 / 8.1
R452A	1.7 / 3.1	2.2 / 4.0	2.5 / 4.5	3.5 / 6.3

Effective glide takes into account the real inlet evaporator temperature

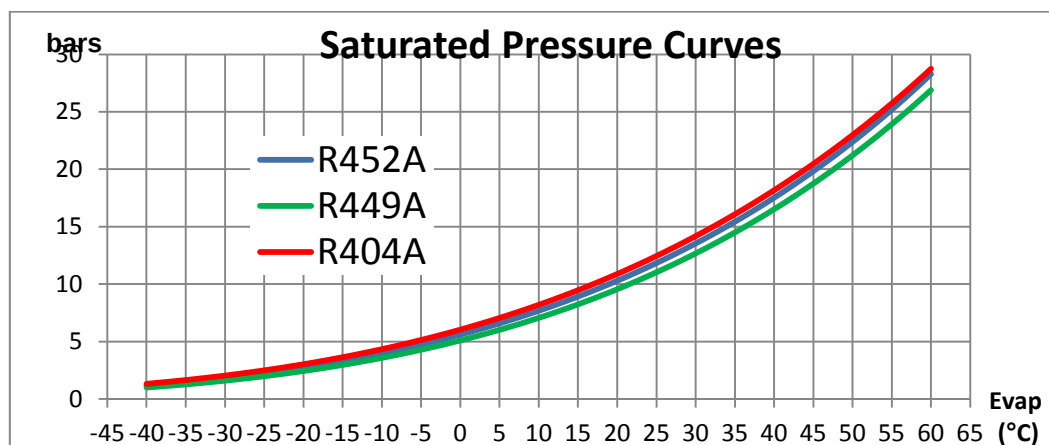
Temperature will increase during the evaporation phase and decrease during the condensation phase. Counter flow heat exchanger technology that has been utilized over the last 10 years will be less sensitive to this physical phenomenon vs. parallel flow.

Also, average temperature during the evaporating phase, named “mid” temperature, increases the temperature difference (TD) between the primary and secondary fluids, compared to the dew temperature reference.

- These two (2) facts may counteract possible heat exchanger capacity losses.
- One remaining risk is ice-up of the evaporator which is dependent upon the secondary fluid type and the amount of flow across the heat exchangers.
 - The defrost control's time (frequency and duration) and temperature settings could be adjusted and/or reset to reduce the risk of ice build-up.

The corresponding Pressure-Temperature of refrigerants R449A and R452A vs. R404A, including bubble and dew point data, is shown in the tables on pages 14 to 16. In order to properly feed the expansion device and to reach the expected capacity delivered by the evaporator, the technician should check to determine if there is sufficient subcooling at the condenser outlet. The amount of subcooling can be determined by referencing the bubble temperature column. In order to determine the amount of superheat, refer to the column denoted “dew temperature.”

R452A saturated pressures are marginally lower than refrigerant R404A and, R449A pressures are slightly lower than R404A.



Guidelines for using R449A and R452A in new and existing commercial refrigeration systems

3. Refrigerant Properties (cont'd)

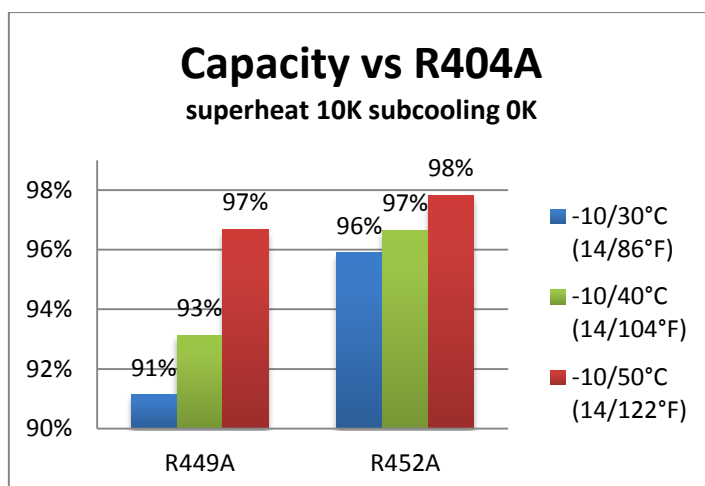
Rating conditions & displayed performances according to reference standard

Compressor standards use dew point temperatures because they allow for a clear correlation between pressures and temperatures. For purpose of analysis, a mean temperature may be used to represent the actual system performance or for comparing blends with pure refrigerants.

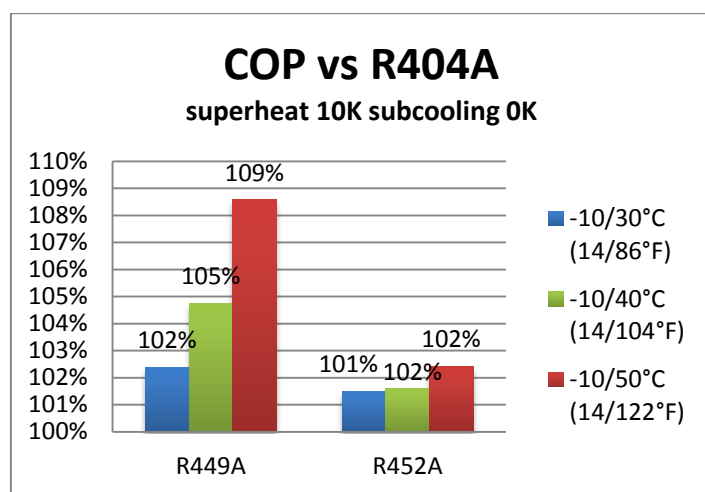
The average condensing temperature is the arithmetic mean of dew and bubble temperatures at the condensing pressure and can be easily calculated. However, the average evaporating temperature is the mean between the dew temperature at the evaporating pressure and the temperature at the evaporator inlet which depends on the condensing pressure and the extent of subcooling. Please refer to the *ASERCOM* glide [guideline](#) for further details and a method to convert dew point to mid-point temperature.

4. Medium Temperature Performance

Testing performed by Tecumseh shows refrigerant behaviors based on various evaporating and condensing pressures. These results may vary slightly depending on the compressors platforms.



R452A delivers more capacity than R449A especially at low condensing temperatures.

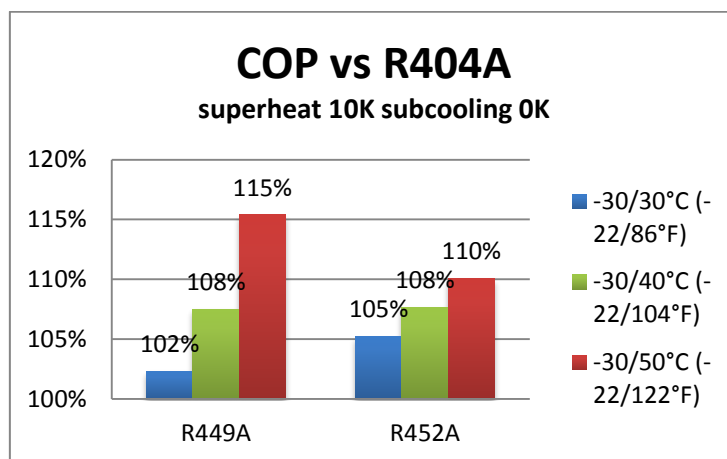
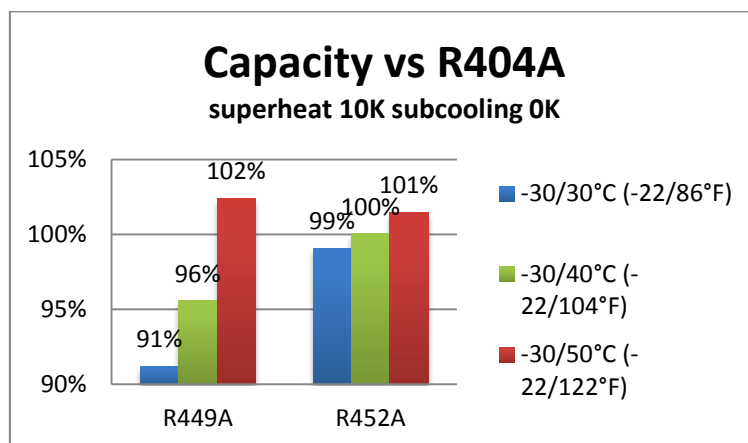


Refrigerants R449A and R452A both exhibit an efficiency gain over R404A, with a slight advantage for R449A. This is especially true at high evaporating and condensing temperatures.

Guidelines for using R449A and R452A in new and existing commercial refrigeration systems

5. Low Temperature Performance

Results below may vary slightly depending on the compressor platform.



Guidelines for using R449A and R452A in new and existing commercial refrigeration systems

6. Compressor Reliability

Compatibility

Extensive testing has been conducted in determining that refrigerants R452A and R449A are compatible with the polyol ester (POE) and polyvinyl ether (PVE) lubricants already approved by Tecumseh and with all materials used in Tecumseh R404A compressors and condensing units. Contact your Tecumseh sales representative for the latest list of approved oils.

Chemical Stability

Stability tests indicate that R449A and R452A low GWP molecules tend to decompose more easily than R404A when in the presence of air and, this is accentuated by the presence of water.

When decomposed, refrigerants generate fluoride ions and organic acids, causing POE oil degradation (PVE is less a concern), corrosion of expansion valves, plugging of capillary tubes, and wearing of sliding parts.

Moisture

Chemical stability of refrigerant oil requires an extremely low system moisture content. Failure to comply with this requirement will result in the formation of decomposition products.

- POE and PVE oils are 100 times more hygroscopic (ability to absorb moisture) than mineral oils. This moisture is difficult to remove from the oil even when heat is applied and/or a vacuum is pulled on the system.
- **Utmost care must be taken to prevent moisture from getting into the refrigeration system.** Do not leave the compressor or system open to the atmosphere for longer than a maximum of 10 minutes. The preferred method of assembly is to remove system component plugs and caps just prior to brazing. The maximum system moisture content after completing system processing should be 80 PPM. After running the system with the appropriate filter-drier installed, the system moisture level should be less than or equal to 50 PPM. These levels are based on measuring the moisture in liquid refrigerant samples taken from the system.
- **Contact the filter-drier** manufacturer for recommendations on appropriate filter drier selection.

If there are questions about the lubricant, or tests indicate it is contaminated or has a high acid number, then the lubricant must be changed. Six (6) months after a retrofit, the oil should be tested again.

Guidelines for using R449A and R452A in new and existing commercial refrigeration systems

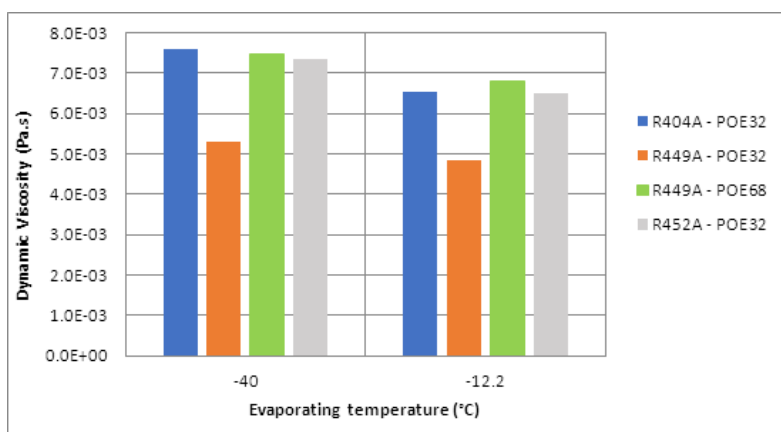
6. Compressor Reliability (cont'd)

Viscosity

Thanks to the R404A-like dynamic viscosity of the POE32 oil / R452A mixture, the Minimum Oil Film Thickness (MOFT) expected with the R452A is very close or even higher than the one obtained with R404A, which will prevent wear and failure.

Due to the higher working temperature with R449A that reduces the oil viscosity and consequently the MOFT, Tecumseh advises to replace standard lubricant viscosity grade 32 cSt by viscosity grade 68 when running steadily at high condensing temperatures. That will bring up the MOFT to R404A levels.

Dynamic
Refrigerant/Oil



Viscosity

Lubricant manufacturers are still evaluating the effects of R404A replacements in current lubricants to see whether there are opportunities to improve solubility and energy efficiency, and may eventually release optimized lubricants. Tecumseh is continuing to test compressors with the compatibility of oil, refrigerant, and materials in mind.

Thermal Stability

The exposure of lubricants to high temperatures over long periods of time can lead to the formation of decomposition products. This decomposition is accelerated in the presence of contaminants such as air or water. The process will occur in a shorter period of time if there have been several 10K increases in temperature. As the system approaches the appropriate line, the chances of coking increase (overheated lubricant becomes carbonized at the compressor valve plate, causing the valve to leak and elevating the temperature even higher). Ultimately, breakdown of the oil and carbonized deposits will cause loss of lubrication and metal-to-metal contact that results in seizure of the compressor's pumping mechanism.

With respect to refrigerant **R452A**, the high percentage of R125 lowers the discharge temperature to R404A levels. As such, R452A can be used as a near drop-in replacement for R404A in medium and low temperature applications. R452A is particularly suitable for:

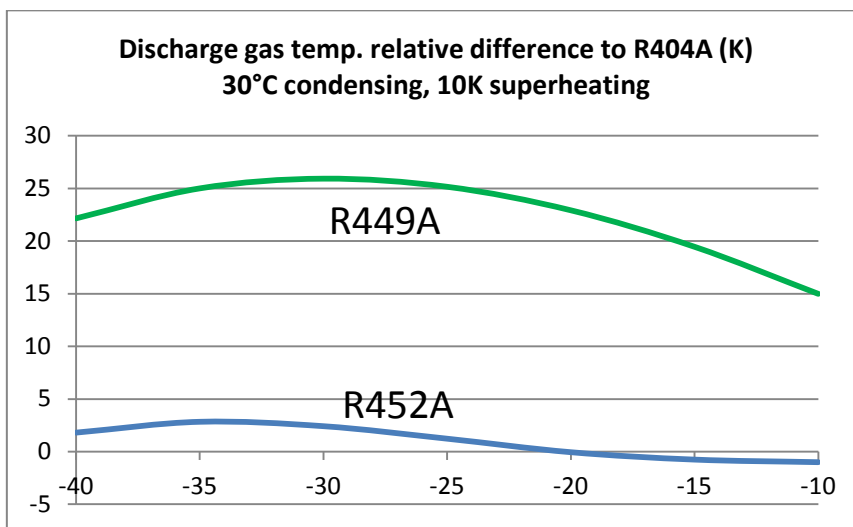
- Refrigeration applications that operate over a wide range of ambient temperatures
- Low temperature applications where limited superheat or condensing temperature are not practical
- Static cooling applications

Guidelines for using R449A and R452A in new and existing commercial refrigeration systems

6. Compressor Reliability (cont'd)

- Applications that require a heat exchanger between the liquid and suction lines. R452A has a mass flow rate similar to R404A and benefits from a relatively high superheating enthalpy

R449A has a higher isentropic exponent due to the high percentage content of refrigerant R32 and at same running conditions to R404A, discharge gas and motor temperature will increase by 15K to 30K (27F to 54F), particularly at low evaporating temperatures.



The temperature difference between the discharge line and compressor valve plate when using R449A can exceed 55K (100°F).

NOTE: One or more of the recommendations outlined below must be implemented in order to maintain compressor discharge temperatures within their operating limits.

Compressor Cooling

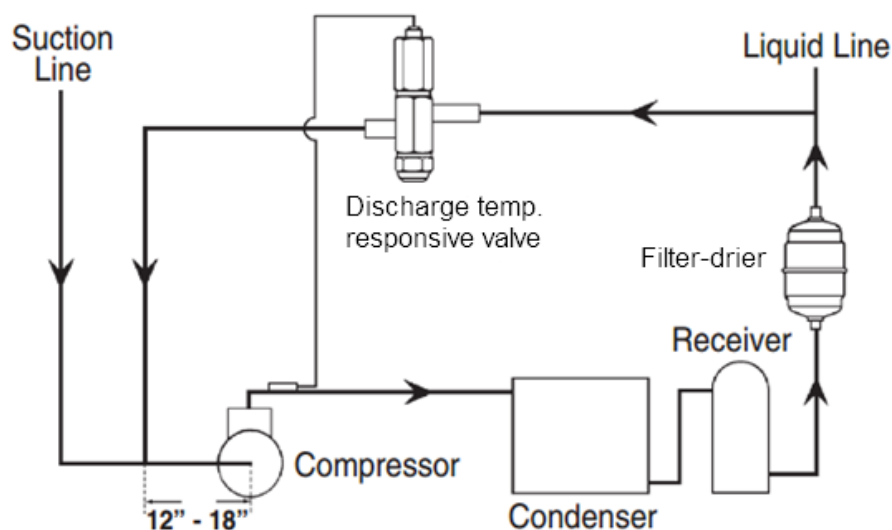
Tecumseh requires that discharge gas temperatures are maintained below 125°C (257°F) for multi-cylinder and below 120°C (248°F) for single cylinder compressors with an evaporating temperature of -30°C (-22°F) and below.

- For any application, we highly recommend sufficient compressor fan cooling especially at Low operating temperatures.
- Specific to refrigerant R449A:
 - o Do NOT insulate the compressor with a sound blanket and/or other means as it will result in elevated discharge temperatures
 - o Limit return gas superheat to a maximum of 10°K / 18°F or less at the LBP compressor's suction inlet.
 - o Do NOT apply liquid/vapor heat exchangers (commonly known as desuperheaters) as it will result in elevated discharge temperatures.
 - o In order to prevent plugging issues, capillary tubes must not be used for LBP compressors. Tecumseh preconizes to use a thermostatic expansion valve

Guidelines for using R449A and R452A in new and existing commercial refrigeration systems

6. Compressor Reliability (cont'd)

- Special care must be taken with applications using a hot gas bypass valve or a constant evaporating pressure valve (e.g., refrigerated air dryers and multi-evaporators fed by a same condensing unit).
- Select the appropriate refrigerant to be able to maintain the discharge gas temperature below 120°C (248°F).
- Regular inspection and cleaning of the condenser coil is required in order to maintain compressor operating temperatures within published specifications.
- Compressor discharge gas temperature must be measured prior to performing a system refrigerant retrofit to be able to check whether the difference in temperature measured with the new refrigerant is realistic.
- When superheating cannot be maintained under 10K / 18°F (e.g., remote condensing units), a temperature responsive expansion valve (e.g., Parker TREV Y1037) that monitors the discharge temperature via a sensing bulb, shall be used. Injecting a mixture of saturated liquid and vapor into the suction line will reduce the temperature of the superheated suction vapor and in turn, reduce excessive discharge temperatures. Consult with the expansion device manufacturer for correct valve sizing, installation location and temperature adjustments. NOTE: If liquid refrigerant enters the compressor, it may damage compressor bearings.



in conjunction with the TREV, a properly sized suction line accumulator may be installed adjacent the compressor.

Guidelines for using R449A and R452A in new and existing commercial refrigeration systems

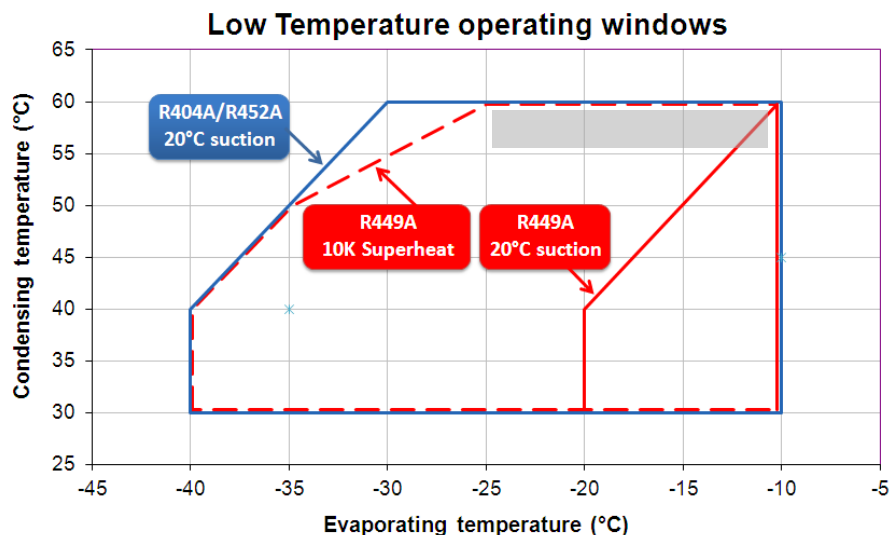
Compressor Operating Window

The operating windows shown below are provided as guidelines only and need to be adjusted based on the specific compressor model involved and the overall design of the refrigeration system. In general terms, limiting superheat to a maximum temperature of 10K (18F), the operating window defined for R404A Low Temperature system is fully or mostly usable with refrigerants R449A and R452A.

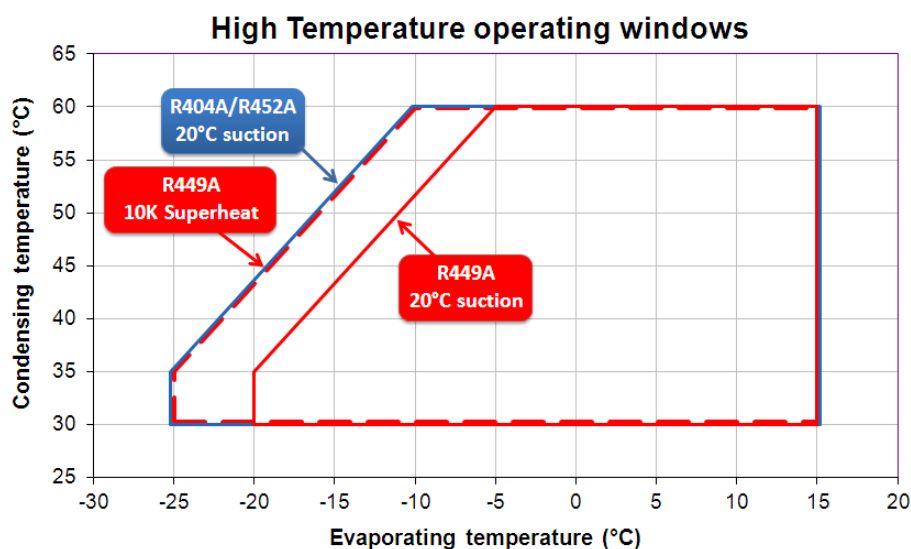
Guidelines for using R449A and R452A in new and existing commercial refrigeration systems

6. Compressor Reliability (cont'd)

Please refer to the “Compressor Cooling” section on Page 9 and follow the steps to maintain discharge temperatures within operating limits. Tecumseh requires that compressor discharge gas temperatures be measured and that the necessary steps be taken to maintain temperatures below 125°C (257°F) for multi-cylinder and below 120°C (248°F) for single cylinder compressors with an evaporating temperature of -30°C (-22°F) and below.



In cases where refrigerating systems using a reciprocating compressor would run at steady conditions into the shaded area of the above compressor application window, then Tecumseh advises to replace the current POE 32cst oil viscosity grade by a 68cst.



Guidelines for using R449A and R452A in new and existing commercial refrigeration systems

7. Application Side

Refrigerant Charge

Refrigerant blends R452A and R449A are azeotrope and must be charged in the liquid state. The refrigerant cylinder should be equipped with a dip tube, thereby eliminating the need to turn the cylinder upside down.

The use of a scale is recommended when charging the system. Initial refrigerant should be charged into the receiver tank or liquid line.

Tecumseh recommends the use of a refrigerant charging system with an in-line sight glass liquid refrigerant can be seen.

- To prevent compressor damage, do not charge liquid into the suction line.
- R452A and R449A should not be mixed with any other refrigerant.
- Pre-charge installation recommended at 80% of initial amount into liquid receiver.
- Final R452A and R449A refrigerant mass will be 5% to 10% higher compared to R404A.

Liquid Density (for reference only)

Temperature	R404A	R449A	R452A	R449A/R404A-1	R452A/R404A-1
°C / °F	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	%	
-20 / -4	1223.1	1265.4	1318.2	3.5%	7.8%
-10 / 14	1188.0	1232.3	1280.8	3.7%	7.8%
40 / 104	966.1	1019.8	1047.2	5.6%	8.4%
60 / 140	815.8	893.7	896.9	9.5%	9.9%

Please refer to the Dew point saturated pressures to measure superheat and to the Bubble point saturated pressures to measure subcooling.

Expansion Device Setting

Do not use capillary tube as an expansion device with R449A.

With R452A, capillary tube can be used for Medium and High Back pressure compressors.

R452A has a similar mass flow rate to R404A so, Thermostatic Expansion Valve (TXV) settings may be retained with minor adjustments.

R449A has a lower mass flow rate (-20% to -25%) in comparison to R404A and, combined with differences in temperature glide and capacity, a new properly sized expansion device should be installed. Consult with the expansion device manufacturer for correct valve sizing and superheat adjustments.

Guidelines for using R449A and R452A in new and existing commercial refrigeration systems

7. Application Side (cont'd)

Condensing Pressure Deviation expected after a Retrofit

Expected saturated condensing temperatures will be within 2K (3.6°F) for R449A and R452A when compared to systems operating with R404A at comparable Mid point evaporating pressures.

Pressure Control Settings

R449A and R452A saturated pressures are slightly lower than R404A. Therefore, Low Pressure and High Pressure control settings must be adjusted so that system operating pressures do NOT exceed the compressor's operating window (see page 11). The maximum allowed saturated discharge pressure equals 60°C (140°F). Refer to pressure chart.

Compression Ratio Comparison at Dew Point Rating Conditions

Evap (°C / °F)	Cond (°C / °F)	R404A	R452A	R449A
-35 / -31	40 / 104	11.0	11.8	12.9
-25 / -13	45 / 113	8.2	8.8	9.4
-10 / 14	45 / 113	4.7	5.0	5.2
5 / 41	55 / 131	3.6	3.8	4.0
15 / 59	60 / 140	3.0	3.2	3.3

Expected Sound Level

Acoustic power deviation of compressors running with R449A and R452A will remain within +/- 2 dBA of R404A.

Guidelines for using R449A and R452A in new and existing commercial refrigeration systems

Pressure/Temperature

Temperature		Pressure abs									
°C	°F	R452A				R449A				R404A	
		bar _{dew}	bar _{bubble}	psi _{dew}	psi _{bubble}	bar _{dew}	bar _{bubble}	psi _{dew}	psi _{bubble}	bar _{dew}	psi _{dew}
-45	-49	0.93	1.12	13.47	16.20	0.78	1.06	11.36	15.35	1.05	15.25
-44	-47.2	0.98	1.17	14.15	16.98	0.82	1.11	11.96	16.10	1.10	15.99
-43	-45.4	1.02	1.23	14.85	17.80	0.87	1.16	12.58	16.88	1.16	16.76
-42	-43.6	1.07	1.29	15.57	18.65	0.91	1.22	13.22	17.68	1.21	17.56
-41	-41.8	1.13	1.35	16.33	19.52	0.96	1.28	13.90	18.52	1.27	18.39
-40	-40	1.18	1.41	17.11	20.43	1.01	1.34	14.59	19.39	1.33	19.25
-39	-38.2	1.24	1.47	17.93	21.38	1.06	1.40	15.32	20.29	1.39	20.14
-38	-36.4	1.29	1.54	18.77	22.35	1.11	1.46	16.08	21.22	1.45	21.06
-37	-34.6	1.35	1.61	19.64	23.36	1.16	1.53	16.86	22.18	1.52	22.01
-36	-32.8	1.42	1.68	20.55	24.41	1.22	1.60	17.67	23.18	1.59	23.00
-35	-31	1.48	1.76	21.49	25.49	1.28	1.67	18.52	24.22	1.66	24.02
-34	-29.2	1.55	1.83	22.46	26.61	1.34	1.74	19.39	25.29	1.73	25.07
-33	-27.4	1.62	1.91	23.46	27.76	1.40	1.82	20.30	26.39	1.80	26.16
-32	-25.6	1.69	2.00	24.50	28.96	1.46	1.90	21.24	27.53	1.88	27.29
-31	-23.8	1.76	2.08	25.58	30.19	1.53	1.98	22.21	28.72	1.96	28.45
-30	-22	1.84	2.17	26.69	31.47	1.60	2.06	23.22	29.94	2.04	29.66
-29	-20.2	1.92	2.26	27.84	32.78	1.67	2.15	24.26	31.20	2.13	30.90
-28	-18.4	2.00	2.35	29.03	34.14	1.75	2.24	25.34	32.50	2.22	32.18
-27	-16.6	2.09	2.45	30.25	35.54	1.82	2.33	26.46	33.84	2.31	33.50
-26	-14.8	2.17	2.55	31.52	36.98	1.90	2.43	27.62	35.22	2.40	34.86
-25	-13	2.26	2.65	32.83	38.47	1.99	2.53	28.81	36.65	2.50	36.27
-24	-11.2	2.36	2.76	34.17	40.00	2.07	2.63	30.04	38.12	2.60	37.71
-23	-9.4	2.45	2.87	35.56	41.58	2.16	2.73	31.32	39.64	2.70	39.21
-22	-7.6	2.55	2.98	37.00	43.21	2.25	2.84	32.63	41.20	2.81	40.74
-21	-5.8	2.65	3.09	38.48	44.89	2.34	2.95	33.99	42.81	2.92	42.32
-20	-4	2.76	3.21	40.00	46.61	2.44	3.07	35.39	44.47	3.03	43.95
-19	-2.2	2.87	3.34	41.57	48.39	2.54	3.18	36.83	46.17	3.15	45.63
-18	-0.4	2.98	3.46	43.18	50.21	2.64	3.30	38.33	47.93	3.26	47.35
-17	1.4	3.09	3.59	44.85	52.09	2.75	3.43	39.86	49.73	3.39	49.12
-16	3.2	3.21	3.72	46.56	54.02	2.86	3.56	41.45	51.59	3.51	50.94
-15	5	3.33	3.86	48.32	56.01	2.97	3.69	43.08	53.50	3.64	52.82
-14	6.8	3.46	4.00	50.13	58.05	3.09	3.82	44.76	55.46	3.77	54.74
-13	8.6	3.59	4.15	52.00	60.14	3.21	3.96	46.49	57.48	3.91	56.72
-12	10.4	3.72	4.30	53.92	62.29	3.33	4.11	48.27	59.55	4.05	58.75
-11	12.2	3.85	4.45	55.89	64.50	3.45	4.25	50.10	61.68	4.19	60.84
-10	14	3.99	4.60	57.91	66.77	3.58	4.40	51.99	63.86	4.34	62.98
-9	15.8	4.14	4.76	59.99	69.10	3.72	4.56	53.93	66.11	4.49	65.18
-8	17.6	4.28	4.93	62.13	71.49	3.86	4.72	55.92	68.41	4.65	67.43
-7	19.4	4.44	5.10	64.33	73.94	4.00	4.88	57.97	70.77	4.81	69.75
-6	21.2	4.59	5.27	66.58	76.45	4.14	5.05	60.08	73.20	4.97	72.12
-5	23	4.75	5.45	68.89	79.03	4.29	5.22	62.25	75.68	5.14	74.55

Guidelines for using R449A and R452A in new and existing commercial refrigeration systems

Temperature		Pressure abs									
°C	°F	R452A				R449A				R404A	
		bar _{dew}	bar _{bubble}	psi _{dew}	psi _{bubble}	bar _{dew}	bar _{bubble}	psi _{dew}	psi _{bubble}	bar _{dew}	psi _{dew}
-4	24.8	4.91	5.63	71.27	81.67	4.45	5.39	64.48	78.23	5.31	77.05
-3	26.6	5.08	5.82	73.70	84.38	4.60	5.57	66.76	80.84	5.49	79.60
-2	28.4	5.25	6.01	76.20	87.15	4.76	5.76	69.11	83.52	5.67	82.22
-1	30.2	5.43	6.20	78.76	89.99	4.93	5.95	71.52	86.27	5.85	84.91
0	32	5.61	6.41	81.39	92.90	5.10	6.14	73.99	89.08	6.04	87.65
1	33.8	5.80	6.61	84.08	95.88	5.28	6.34	76.53	91.96	6.24	90.47
2	35.6	5.99	6.82	86.85	98.93	5.46	6.54	79.14	94.90	6.44	93.35
3	37.4	6.18	7.04	89.67	102.05	5.64	6.75	81.81	97.92	6.64	96.30
4	39.2	6.38	7.26	92.57	105.24	5.83	6.96	84.55	101.01	6.85	99.32
5	41	6.59	7.48	95.54	108.51	6.02	7.18	87.35	104.17	7.06	102.41
6	42.8	6.80	7.71	98.58	111.86	6.22	7.41	90.23	107.41	7.28	105.57
7	44.6	7.01	7.95	101.70	115.27	6.42	7.63	93.19	110.72	7.50	108.80
8	46.4	7.23	8.19	104.88	118.77	6.63	7.87	96.21	114.10	7.73	112.11
9	48.2	7.46	8.44	108.15	122.34	6.85	8.11	99.31	117.57	7.96	115.49
10	50	7.69	8.69	111.49	126.00	7.07	8.35	102.48	121.11	8.20	118.94
11	51.8	7.92	8.94	114.90	129.73	7.29	8.60	105.73	124.72	8.44	122.47
12	53.6	8.16	9.21	118.40	133.54	7.52	8.85	109.06	128.42	8.69	126.08
13	55.4	8.41	9.48	121.97	137.44	7.75	9.11	112.47	132.20	8.95	129.77
14	57.2	8.66	9.75	125.63	141.42	8.00	9.38	115.96	136.06	9.21	133.54
15	59	8.92	10.03	129.37	145.48	8.24	9.65	119.53	140.00	9.47	137.39
16	60.8	9.18	10.32	133.20	149.63	8.49	9.93	123.18	144.03	9.74	141.32
17	62.6	9.45	10.61	137.11	153.87	8.75	10.21	126.92	148.14	10.02	145.33
18	64.4	9.73	10.91	141.11	158.19	9.01	10.50	130.74	152.34	10.30	149.43
19	66.2	10.01	11.21	145.19	162.60	9.28	10.80	134.66	156.63	10.59	153.62
20	68	10.30	11.52	149.37	167.10	9.56	11.10	138.66	161.01	10.89	157.89
21	69.8	10.59	11.84	153.63	171.70	9.84	11.41	142.75	165.47	11.19	162.25
22	71.6	10.89	12.16	157.99	176.38	10.13	11.72	146.93	170.03	11.49	166.70
23	73.4	11.20	12.49	162.45	181.16	10.43	12.04	151.20	174.68	11.81	171.24
24	75.2	11.51	12.83	167.00	186.03	10.73	12.37	155.57	179.42	12.13	175.87
25	77	11.83	13.17	171.64	191.00	11.03	12.70	160.04	184.25	12.45	180.59
26	78.8	12.16	13.52	176.39	196.06	11.35	13.04	164.60	189.19	12.78	185.41
27	80.6	12.50	13.87	181.23	201.22	11.67	13.39	169.26	194.21	13.12	190.33
28	82.4	12.84	14.24	186.18	206.48	12.00	13.74	174.02	199.34	13.47	195.34
29	84.2	13.18	14.61	191.23	211.84	12.33	14.10	178.89	204.57	13.82	200.45
30	86	13.54	14.98	196.38	217.30	12.68	14.47	183.86	209.89	14.18	205.66
31	87.8	13.90	15.37	201.65	222.86	13.03	14.85	188.93	215.32	14.55	210.97
32	89.6	14.27	15.76	207.02	228.52	13.38	15.23	194.11	220.85	14.92	216.38
33	91.4	14.65	16.15	212.50	234.29	13.75	15.62	199.40	226.49	15.30	221.90
34	93.2	15.04	16.56	218.09	240.16	14.12	16.01	204.80	232.23	15.69	227.53
35	95	15.43	16.97	223.80	246.14	14.50	16.41	210.31	238.07	16.08	233.26
36	96.8	15.83	17.39	229.63	252.23	14.89	16.83	215.94	244.03	16.49	239.10
37	98.6	16.24	17.82	235.57	258.43	15.28	17.24	221.68	250.09	16.90	245.05
38	100.4	16.66	18.25	241.63	264.73	15.69	17.67	227.53	256.27	17.31	251.11

Guidelines for using R449A and R452A in new and existing commercial refrigeration systems

Temperature		Pressure abs									
°C	°F	R452A				R449A				R404A	
		bar _{dew}	bar _{bubble}	psi _{dew}	psi _{bubble}	bar _{dew}	bar _{bubble}	psi _{dew}	psi _{bubble}	bar _{dew}	psi _{dew}
39	102.2	17.09	18.70	247.82	271.15	16.10	18.10	233.51	262.55	17.74	257.29
40	104	17.52	19.15	254.13	277.68	16.52	18.54	239.61	268.95	18.17	263.58
41	105.8	17.97	19.60	260.56	284.32	16.95	18.99	245.83	275.47	18.62	270.00
42	107.6	18.42	20.07	267.13	291.08	17.39	19.45	252.18	282.09	19.07	276.53
43	109.4	18.88	20.54	273.82	297.95	17.83	19.91	258.65	288.84	19.52	283.18
44	111.2	19.35	21.02	280.65	304.94	18.29	20.39	265.25	295.71	19.99	289.95
45	113	19.83	21.51	287.62	312.04	18.75	20.87	271.98	302.69	20.47	296.85
46	114.8	20.32	22.01	294.72	319.27	19.23	21.36	278.85	309.79	20.95	303.88
47	116.6	20.82	22.52	301.97	326.62	19.71	21.86	285.85	317.02	21.44	311.03
48	118.4	21.33	23.03	309.35	334.08	20.20	22.36	292.98	324.37	21.95	318.32
49	120.2	21.85	23.56	316.89	341.67	20.70	22.88	300.26	331.85	22.46	325.74
50	122	22.38	24.09	324.57	349.39	21.21	23.40	307.67	339.45	22.98	333.29
51	123.8	22.92	24.63	332.40	357.23	21.73	23.94	315.23	347.19	23.51	340.98
52	125.6	23.47	25.18	340.39	365.19	22.27	24.48	322.94	355.05	24.05	348.82
53	127.4	24.03	25.74	348.54	373.28	22.81	25.03	330.79	363.04	24.60	356.79
54	129.2	24.60	26.30	356.84	381.50	23.36	25.59	338.79	371.16	25.16	364.91
55	131	25.19	26.88	365.31	389.85	23.92	26.16	346.95	379.42	25.73	373.18
56	132.8	25.78	27.46	373.95	398.34	24.49	26.74	355.26	387.82	26.31	381.60
57	134.6	26.39	28.06	382.75	406.95	25.08	27.33	363.72	396.35	26.90	390.17
58	136.4	27.01	28.66	391.73	415.70	25.67	27.92	372.35	405.02	27.50	398.90
59	138.2	27.64	29.27	400.89	424.58	26.28	28.53	381.14	413.83	28.12	407.79
60	140	28.28	29.90	410.22	433.59	26.90	29.15	390.09	422.78	28.74	416.83
61	141.8	28.94	30.53	419.74	442.75	27.52	29.78	399.21	431.87	29.37	426.05
62	143.6	29.61	31.17	429.45	452.04	28.17	30.41	408.51	441.11	30.02	435.43
63	145.4	30.29	31.82	439.36	461.47	28.82	31.06	417.97	450.50	30.68	444.98
64	147.2	30.99	32.48	449.45	471.04	29.48	31.72	427.61	460.03	31.35	454.70
65	149	31.70	33.15	459.75	480.76	30.16	32.39	437.43	469.72	32.03	464.61

Recommandations pour l'utilisation du R449A et du R452A dans des installations de réfrigération commerciale neuves ou existantes

1. Contexte autour des réfrigérants R449A et R452A

Sur des installations de réfrigération existantes, dans le cas où aucune fuite n'est repérée, Tecumseh Products Company ne recommande pas de procéder à leur reconversion (retrofit). En effet, si aucune fuite de réfrigérant dans l'atmosphère n'est constatée sur le système, et que celui-ci fonctionne correctement, il n'y a pas lieu de remplacer le réfrigérant. Le changement de réfrigérant pouvant avoir un impact sur les certifications, veuillez consulter le fabricant d'équipement.

Ce guide a pour objectif de fournir des informations et des recommandations pratiques pour l'utilisation des réfrigérants R449A ou R452A dans des applications neuves ou existantes de réfrigération commerciale à basses, moyennes et hautes températures. Ces recommandations sont applicables à l'ensemble des gammes Tecumseh de compresseurs hermétiques à technologie piston et rotative (groupes de condensation Tecumseh inclus), à l'exception cependant des gammes Masterflux®. Les réfrigérants R449A ou R452A doivent être utilisés uniquement dans les compresseurs Tecumseh dont l'usage est approuvé avec ces réfrigérants.

Les réfrigérants R449A et R452A ne sont pas des remplaçants (drop-in) directs aux réfrigérants R404A/R507. Puissance et rendement vont sensiblement varier. Ces différences doivent être prises en compte pendant la mise en œuvre ou la reconversion (retrofit) des systèmes avec les réfrigérants R449A et R452A.

A la différence du R452A, le réfrigérant R449A a une température de refoulement supérieure au R404A (10 à 30K; 18 à 54°F) plus particulièrement dans le cas de températures d'évaporation plus basses. Par conséquent, des précautions particulières doivent être prises pour assurer le bon fonctionnement du compresseur.

2. Données environnementales

Le R449A et le R452A sont des mélanges des hydrofluorocarbones habituels (HFC), contenant des nouvelles molécules hydrofluoro-oléfine R1234yf (HFO). Les variations de composition sont détaillées ci-dessous.

	R507	R404A	R449A	R452A
R143a	50%	52%	0%	0%
R32	0%	0%	24%	11%
R125	50%	44%	25%	59%
R134a	0%	4%	26%	0%
R1234yf	0%	0%	25%	30%

Les réfrigérants R449A et R452A sont tous deux non-inflammables. Ils sont classés A1 selon la classification de sécurité des normes ASHRAE 34 et EN 378. A1 signifiant que la substance est classée "non-dangereuse" avec la nomenclature suivante :

A = Faible toxicité

1 = Pas de propagation de flamme à 18°C / 64.4°F, 101300 Pa / 14.7 PSI.

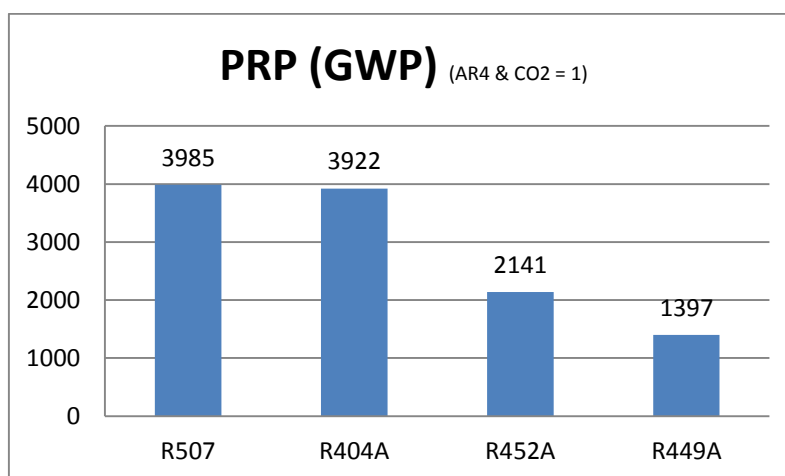
2. Données environnementales (suite)

Cependant, étant donné que les deux réfrigérants R449A et R452A sont composés de molécules R32 et R1234yf moyennement inflammables, ils ne doivent pas être mélangés à l'air lors de la vérification des fuites du système car ces mélanges pourraient devenir combustibles.

D'autres propriétés physiques sont disponibles dans le tableau suivant.

Propriétés des réfrigérants	R404A	R449A	R452A
Point d'ébullition à 1 bar (°C / °F)	-46.5 / -51.7	-46 / -50.8	-47 / -52.6
Température critique (°C / °F)	72.1 / 161.8	80.1 / 176.2	74.9 / 166.8
Pression critique (bar abs / PSia)	37.3 / 541	44.1 / 639.6	40.0 / 580.2
Densité liquide à 32°C / 90°F (kg/m ³)	1010	1061	1093
Densité vapeur à -30°C / -22°F (kg/m ³)	10.7	7.3	10.1

Le chlore n'entre pas dans la composition du R449A et du R452A et par conséquent, ces réfrigérants ont un potentiel d'appauvrissement de la couche d'ozone égal à 0 (ODP). Leur potentiel de réchauffement planétaire ou PRP (GWP) est respectivement de 64% et 45% plus bas que celui du R404A.



3. Propriétés des réfrigérants

Glissement de température et performance des échangeurs thermiques

Le R404A est un mélange quasi-azéotrope, ce qui signifie qu'il condense et s'évapore à une température à peu près constante pour une pression donnée (glissement de température inférieur à 0.5K).

Les réfrigérants R449A et R452A quant à eux ont un glissement de température de 1.5 à 5K (2.7 to 9.0F), selon les conditions d'application (voir le tableau suivant).

3. Propriétés des réfrigérants (suite)

Fluide \ T _{rosée}	Glissement de Température Effectif (K / F)			
	Evaporateur			Condenseur
	-35°C / -31°F	-10°C / 14°F	0°C / 32°F	45°C / 113°F
R404A	0.3 / 0.54	0.3 / 0.54	0.4 / 0.72	0.3 / 0.54
R449A	3.0 / 5.4	3.5 / 6.3	3.8 / 6.8	4.5 / 8.1
R452A	1.7 / 3.1	2.2 / 4.0	2.5 / 4.5	3.5 / 6.3

Le glissement effectif prend en compte la température réelle à l'entrée de l'évaporateur

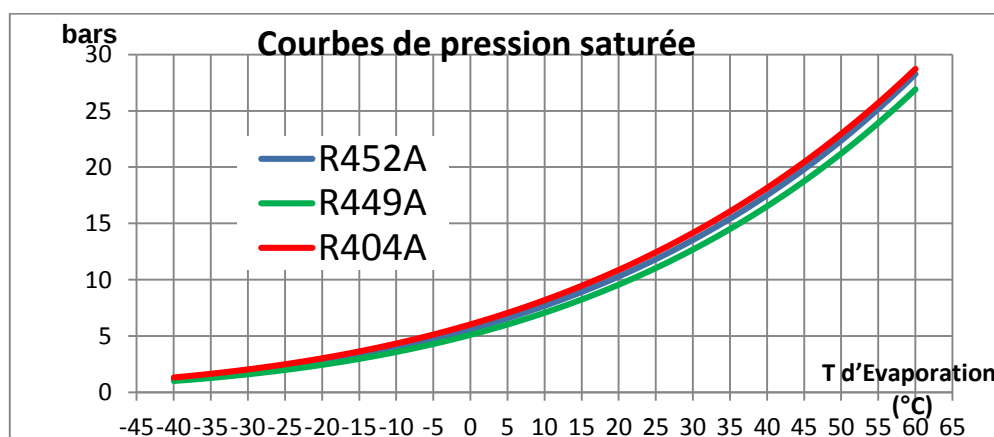
La température va augmenter pendant la phase d'évaporation et diminuer pendant la phase de condensation. Les échangeurs à contre-courant utilisés ces 10 dernières années sont moins sensibles à ce phénomène physique que les échangeurs co-courants.

De même, la température moyenne durant la phase d'évaporation, appelée température "mid" augmente la différence de température (DT) entre les fluides primaires et secondaires par rapport à la référence température de rosée.

- Ces deux phénomènes contribuent à compenser les possibles pertes de puissance de l'échangeur.
- Le givrage de l'évaporateur, qui est dépendant du type de fluide secondaire et de l'importance du flux à travers l'échangeur peut constituer un risque.
 - Les paramètres (fréquence et durée) du dégivrage peuvent être ajustés et/ou réinitialisés pour réduire le risque de formation de glace.

La correspondance pression/température des réfrigérants R449A, R452A et R404A incluant les données aux points de bulle et de rosée est consultable dans les tableaux des pages 15 à 17. Afin d'alimenter correctement l'organe de détente et d'atteindre la puissance frigorifique attendue de l'évaporateur, le technicien doit déterminer si le sous-refroidissement est suffisant à la sortie du condenseur. Le sous-refroidissement peut être déterminé en se référant à la colonne de température de bulle. Afin de déterminer la surchauffe, se référer à la colonne nommée « température de rosée ».

Les pressions saturées du R449A et du R452A sont légèrement plus basses que celles du réfrigérant R404A.



3. Propriétés des réfrigérants (suite)

Conditions d'annonce et performances affichées selon les standards de référence

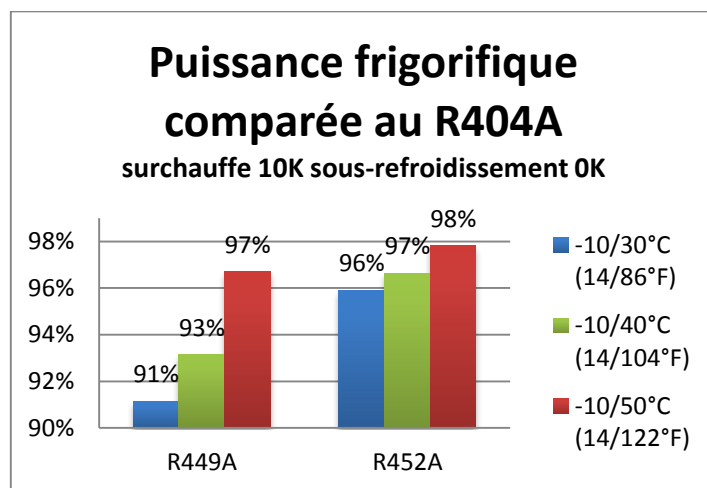
Les normes de références applicables aux compresseurs utilisent les températures du point de rosée car elles permettent une corrélation claire entre les pressions et les températures. Dans un but d'analyse, une température moyenne peut être utilisée :

- pour lire les performances des systèmes utilisant des mélanges affichant des glissements
- pour les comparer à celles obtenues avec des réfrigérants purs.

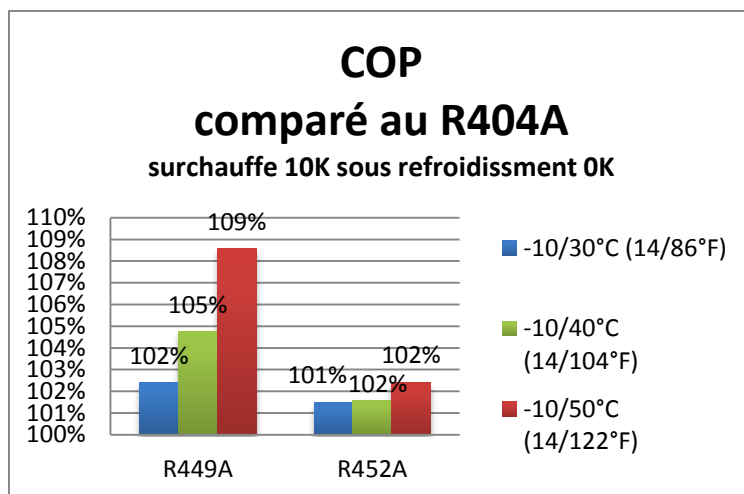
La température de condensation moyenne est la moyenne arithmétique des températures de rosée et de bulle lors de la pression de condensation. Cependant, la température d'évaporation moyenne est égale à la moyenne entre la température de rosée de la pression d'évaporation et la température à l'entrée de l'évaporateur qui dépend de la pression de condensation et du sous-refroidissement. Pour plus d'informations, n'hésitez pas à consulter les [recommandations](#) de l'ASERCOM sur les glissements de température, et notamment une méthode pour convertir le point de rosée au point de moyenne température « mid ».

4. Performance pour les applications Moyennes et Hautes Pressions (MHP/HP) d'évaporation

Les tests effectués par Tecumseh mettent en lumière plusieurs types de comportement suivant les réfrigérants et les différentes températures d'évaporation et de condensation. Ces résultats peuvent varier légèrement d'une plateforme compresseur à une autre.



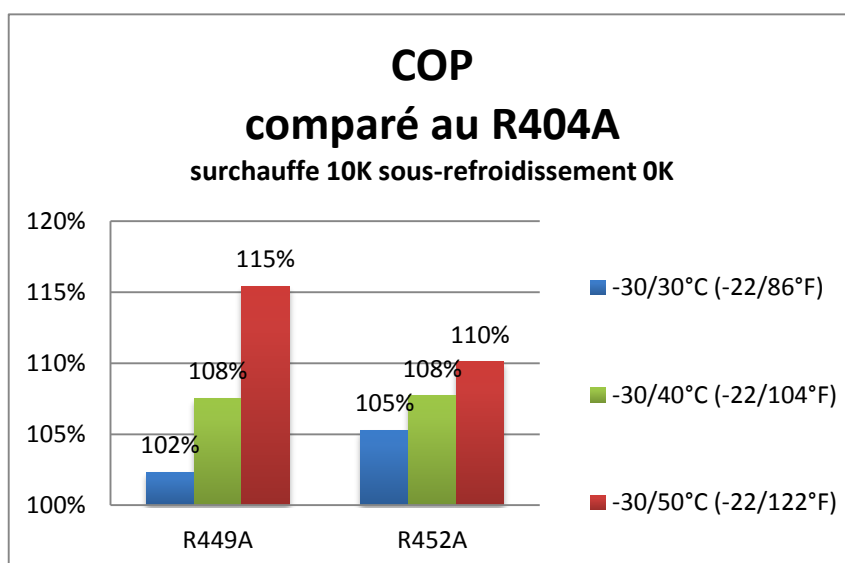
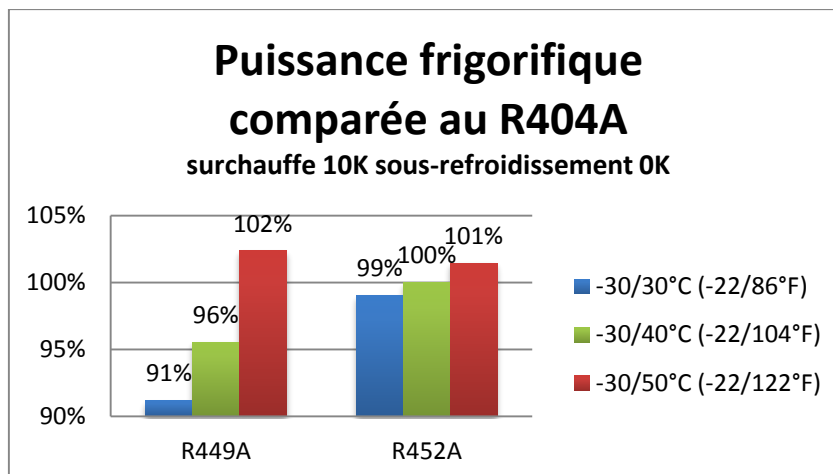
Le R452A délivre plus de puissance que le R449A, surtout lors de faibles températures de condensation.



Les réfrigérants R449A et R452A démontrent tous les deux un gain énergétique comparé au R404A, avec un léger avantage pour le R449A. Ceci est tout particulièrement vrai lors de températures d'évaporation et de condensation élevées.

5. Performance pour les applications Basses Pressions (BP) d'évaporation

Les résultats ci-dessous peuvent varier légèrement d'une plateforme compresseur à une autre



6. Fiabilité compresseur

Compatibilité

Des tests poussés ont été conduits pour confirmer que les réfrigérants R449A et R452A sont compatibles avec les lubrifiants polyol ester (POE) et polyvinyl (PVE), déjà approuvés par Tecumseh ainsi qu'avec tous les matériaux utilisés dans les compresseurs et groupes Tecumseh au R404A. Veuillez contacter votre représentant Tecumseh habituel pour obtenir la liste actualisée des huiles approuvées.

Stabilité chimique

Les tests de stabilité montrent que les molécules à faible PRG (GWP) des réfrigérants R449A et R452A ont tendance à se décomposer plus facilement que le R404A en présence d'air, ceci étant accentué par la présence de l'eau.

Une fois décomposés, les réfrigérants génèrent des ions de fluorine et des acides organiques, causant la dégradation de l'huile POE (l'huile PVE est quant à elle moins concernée), la corrosion des organes de détente, l'obturation des tubes capillaires, l'usure des surfaces mobiles.

Humidité

La stabilité chimique de l'huile du réfrigérant exige que la teneur en humidité du système soit extrêmement faible. Si cette exigence n'est pas respectée, des produits de décomposition vont se former.

- Les huiles POE et PVE sont 100 fois plus hygroscopiques (faculté à absorber l'humidité) que les huiles minérales. Il est difficile d'extraire cette humidité de l'huile, même par chauffage et/ou par tirage au vide du système.
- **Un soin extrême doit être pris pour éviter que l'humidité ne pénètre dans le système de réfrigération.** Ne pas laisser le compresseur ou le système ouvert à l'atmosphère pendant une durée supérieure à 10 minutes. Enlever les capuchons et bouchons des composants du système juste avant leur brasage. La teneur en humidité maximum du système après la fin du processus de traitement ne doit pas dépasser les 80 PPM. Après la mise en marche du système et l'installation du filtre-déshydrateur approprié, le niveau d'humidité du système doit être inférieur ou égal à 50 PPM. Ces niveaux sont basés sur la mesure de l'humidité dans des échantillons de réfrigérant liquide prélevés dans le système.
- **Contactez le fabricant de filtres-déshydrateurs** pour des recommandations de sélection du filtre-déshydrateur approprié.
S'il y a des doutes sur le lubrifiant, ou que les tests indiquent qu'il a été contaminé ou qu'il a un indice d'acide élevé, alors celui-ci doit être remplacé. Six mois après la reconversion (retrofit), l'huile doit être de nouveau testée.

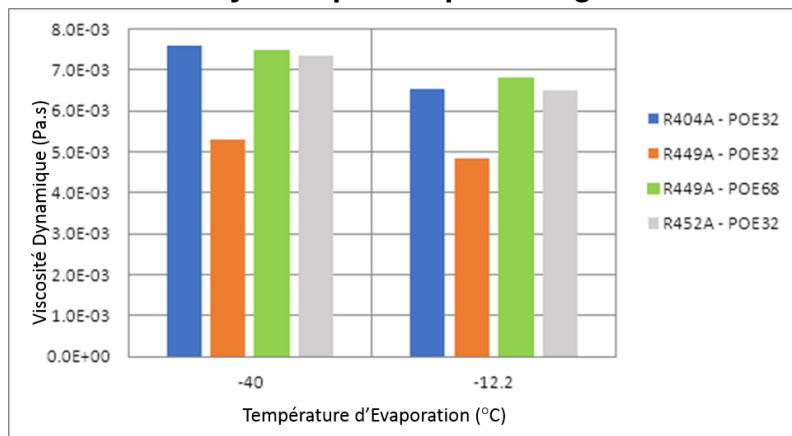
6. Fiabilité compresseur (suite)

Viscosité

La viscosité dynamique de l'huile POE32 mélangée avec le R452A étant similaire au R404A, l'Épaisseur Minimum du Film d'Huile (EMFH) résultante avec le R452A est très proche voire supérieure à celle obtenue avec le R404A, ce qui évitera les risques d'usure et de panne.

Etant donné la température de fonctionnement supérieure avec le R449A qui réduit la viscosité de l'huile et l'EMFH, Tecumseh recommande d'augmenter le niveau de viscosité de l'huile de 32cSt à 68 cSt en cas de fonctionnement prolongé à haute température de condensation. Cela ramènera le niveau de l'EMFH à celui du R404A.

Viscosité Dynamique couple Réfrigérant Huile



Les fabricants de lubrifiants sont en train d'évaluer les effets des réfrigérants alternatifs au R404A dans les lubrifiants actuels pour déterminer s'il y a des possibilités d'améliorer la solubilité et l'efficacité énergétique et de mettre sur le marché des lubrifiants optimisés. Tecumseh poursuit ses tests compresseurs avec une attention particulière sur la compatibilité de l'huile, du réfrigérant et des matériaux.

Stabilité thermique

L'exposition des lubrifiants à de fortes températures sur des périodes prolongées peut favoriser la formation de produits de décomposition. Cette décomposition est accélérée par la présence de contaminants, tels l'eau ou l'air. Ce phénomène peut être accéléré avec des augmentations de températures d'une valeur de plusieurs dizaines de degrés. Lorsque le système approche les valeurs limites, l'éventualité de carbonisation d'huile augmente (le lubrifiant surchauffé se carbonise au niveau de la plaque à clapet du compresseur, entraînant une fuite interne et élevant encore plus la température). En fin de compte, l'huile dégradée et les résidus carbonisés peuvent causer une mauvaise lubrification et un contact métal contre métal susceptible de gripper les pièces mobiles de la mécanique du compresseur.

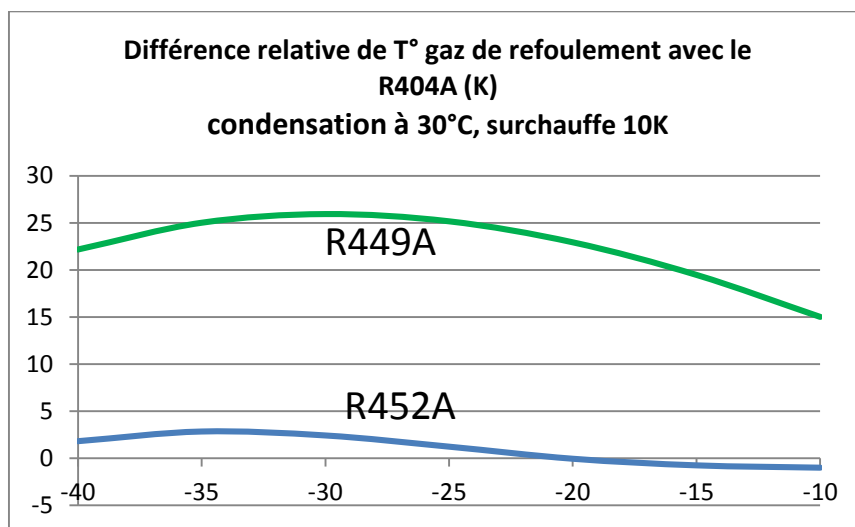
Concernant le réfrigérant **R452A**, son pourcentage élevé en R125 diminue la température de refoulement au niveau de celle du R404A. A cet effet, le R452A peut presque être utilisé comme

6. Fiabilité compresseur (suite)

un drop-in en remplacement du R404A pour les applications de moyenne et faible températures. Le R452A est particulièrement adapté pour :

- Les applications de réfrigération qui couvrent une large plage de températures ambiantes.
- Les applications basse température avec une surchauffe importante ou un taux de compression élevé.
- Les applications de froid statique
- Les applications qui requièrent un échangeur de chaleur entre les lignes liquides et d'aspiration. Le R452A a un débit massique semblable au R404A et bénéficie d'une enthalpie de surchauffe relativement élevée.

Le R449A a un exposant isentropique plus élevé du fait de la teneur en réfrigérant R32 plus élevée elle aussi. Avec des conditions de fonctionnement identiques à celles du R404A, et particulièrement avec des températures d'évaporation basses, la température de gaz de refoulement et la température moteur vont augmenter de 15K à 30K (27F to 54F),



Avec le réfrigérant R449A, la différence de température entre la connexion de refoulement et la plaque à clapet (désurchauffe) du compresseur peut excéder 55K (100°F).

NB: Une ou plusieurs des recommandations détaillées ci-dessous doivent être observées pour maintenir les températures de refoulement du compresseur dans leurs limites de fonctionnement.

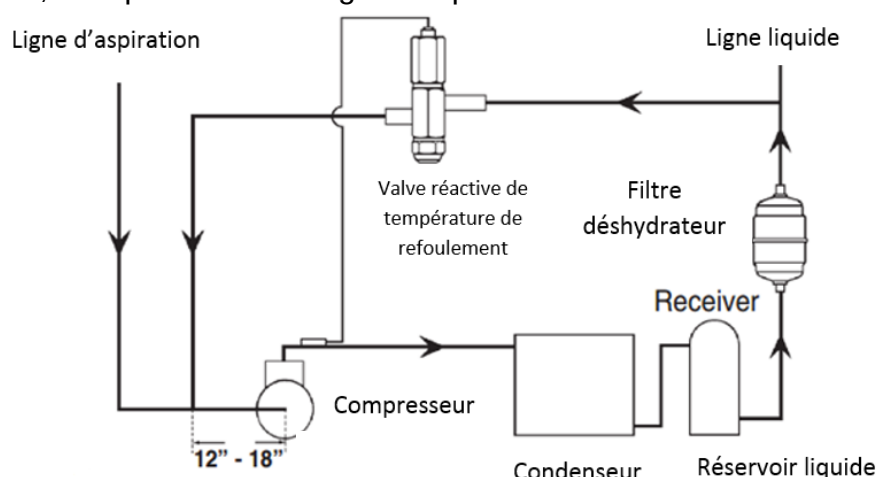
Refroidissement du Compresseur

Avec une température d'évaporation de -30°C (-22°F) et moins, les températures des gaz de refoulement doivent impérativement être maintenues dessous 125°C (257°F) pour les multicylindres et dessous 120°C (248°F) pour les compresseurs mono-pistons.

- Quelle que soit l'application, le refroidissement du ventilateur doit être suffisant, surtout à faibles températures de fonctionnement.

6. Fiabilité compresseur (suite)

- Recommandations spécifiques au réfrigérant R449A :
 - NE PAS ISOLER le compresseur avec une jaquette acoustique, ne pas le confiner car cela va entraîner des températures de refoulement élevées.
 - Pour les applications négatives, limiter la surchauffe à un maximum de 10°K / 18°F à l'aspiration du compresseur.
 - NE PAS UTILISER d'échangeurs liquide/vapeur (surchauffeur/sous-refroidisseur) car cela entraînerait des températures de refoulement élevées.
- Pour les applications de froid négatif, ne pas utiliser de tubes capillaires afin d'éviter tout risque d'obturation. Tecumseh préconise l'utilisation d'un détendeur thermostatique.
- Un soin tout particulier doit être pris pour les applications utilisant une vanne de bypass gaz chaud ou une vanne de pression d'évaporation constante (par exemple dans le cas d'un sécheur d'air et d'évaporateurs multiples alimentés par un même groupe de condensation).
- Sélectionner le réfrigérant approprié afin d'être en mesure de maintenir la température de refoulement des gaz en dessous des 120°C (248°F).
- Une inspection régulière et le nettoyage du condenseur sont requis afin de maintenir les températures de fonctionnement du compresseur dans les spécifications publiées.
- La température des gaz de refoulement du compresseur doit être mesurée avant de procéder à la reconversion (retrofit) d'un système de réfrigération afin de vérifier si la différence de température mesurée avec le nouveau réfrigérant est réaliste.
 - Quand la surchauffe ne peut être maintenue sous les 10K / 18°F (par exemple en cas de groupes de condensation déportés), un détendeur thermostatique d'injection (par exemple Parker TREV Y1037) qui contrôle la température de refoulement grâce à son bulbe doit être utilisé. Il injecte un mélange de liquide et de vapeur dans la ligne d'aspiration, et réduit la température des gaz aspirés, qui à son tour réduira les températures de refoulement. Pour le dimensionnement correct du composant, son installation et les réglages de température, veuillez consulter le fabricant de l'organe de détente. NB : si le réfrigérant liquide pénètre le compresseur, cela peut endommager ses paliers.



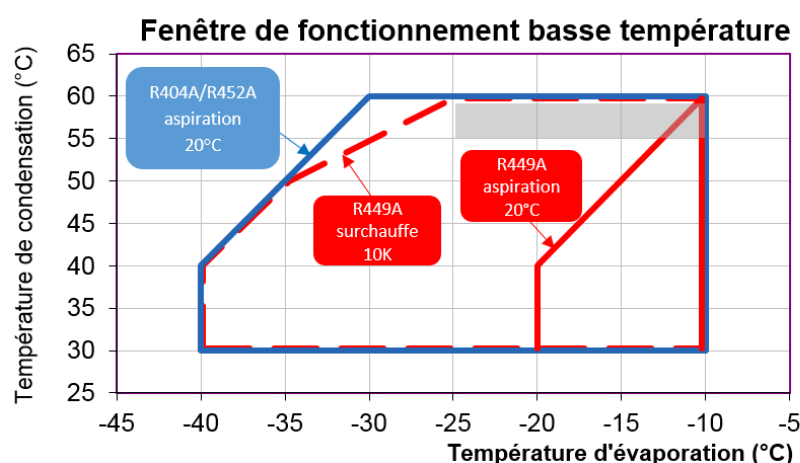
Avec le détendeur thermostatique d'injection, un réservoir anti-coup de liquide peut être installé en proximité du compresseur.

6. Fiabilité compresseur (suite)

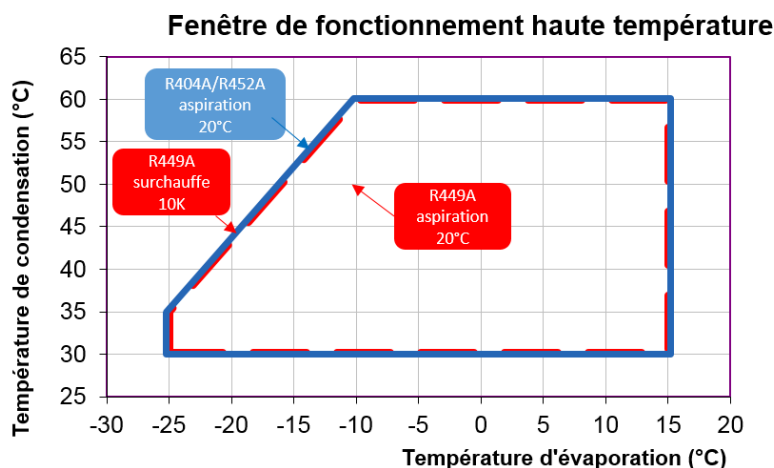
Fenêtres de fonctionnement du compresseur

Les fenêtres de fonctionnement visibles ci-après sont fournies à titre d'indication seulement et doivent être ajustées selon le modèle de compresseur spécifique concerné et la conception globale du système de réfrigération. De manière générale, en limitant la surchauffe à une valeur maximum de 10K (18F), la fenêtre de fonctionnement définie pour les systèmes de réfrigération Basse Pression (BP) au R404A est entièrement ou presque entièrement utilisable avec les réfrigérants R449A et R452A.

Veuillez vous référer à la section "refroidissement du compresseur" page 10 et suivre les étapes pour maintenir une température de refoulement dans les limites de fonctionnement. Il est obligatoire de mesurer les températures de refoulement du compresseur et de prendre les mesures nécessaires pour les maintenir en dessous de 125°C (257°F) pour les compresseurs multicylindres et en dessous de 120°C (248°F) pour les mono-pistons lorsque la température d'évaporation est égale ou inférieure à -30°C (-22°F).



Dans le cas d'installations frigorifiques utilisant un compresseur à technologie piston fonctionnant en continu dans la plage de fonctionnement grisée ci-dessus, Tecumseh préconise de remplacer le grade de viscosité d'huile POE 32 cSt actuel par un grade 68 cSt.



7. Conseils relatifs aux systèmes frigorifiques

Charge de réfrigérant

Les mélanges de réfrigérants R452A et R449A sont azéotropes et doivent être chargés l'état liquide. Le cylindre du réfrigérant doit être équipé avec un tube plongeur, éliminant ainsi le besoin de le retourner.

Lors du chargement du système, l'utilisation d'une balance est recommandée. Le réfrigérant initial doit être chargé dans le réservoir liquide ou dans la ligne liquide.

Pour la charge de réfrigérant, Tecumseh recommande l'utilisation d'un système équipé d'un voyant afin de pouvoir observer l'état du réfrigérant.

- Afin d'éviter d'endommager le compresseur, ne pas charger le liquide à son aspiration.
- Les réfrigérants R452A et R449A ne doivent pas être mélangés avec un autre réfrigérant.
- Pré-charger l'installation à 80% de la charge totale dans le réservoir liquide.
- Pour le R452A et R449A, la masse de réfrigérant finale sera de 5 à 10% plus élevée que celle du R404A.

Densité liquide (pour référence uniquement)

Température	R404A	R449A	R452A	R449A/R404A-1	R452A/R404A-1
°C / °F	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	%	
-20 / -4	1223.1	1265.4	1318.2	3.5%	7.8%
-10 / 14	1188.0	1232.3	1280.8	3.7%	7.8%
40 / 104	966.1	1019.8	1047.2	5.6%	8.4%
60 / 140	815.8	893.7	896.9	9.5%	9.9%

Veuillez vous référer aux pressions saturées de rosée pour mesurer la surchauffe et aux pressions saturées de bulle pour mesurer le sous-refroidissement.

Réglage et définition de l'organe de détente

Ne pas utiliser d'organe de détente du type tube capillaire avec le réfrigérant R449A.

Avec le R452A, les tubes capillaires peuvent être utilisés avec les compresseurs Moyenne et Haute Pression (MHP/HP).

Les débits masse obtenus avec le R452A et le R404A sont similaires. Sur le détendeur thermostatique, les réglages à effectuer seront mineurs.

Le débit masse obtenu avec le R449A est de 20 à 25% inférieur à celui obtenu avec le R404A. De ce fait, ajouté au glissement de température du R449A, la sélection d'un nouvel organe de détente est nécessaire. Consultez les fabricants de détendeurs thermostatiques afin de dimensionner et de régler les composants.

7. Conseils relatifs aux systèmes frigorifiques (suite)

Variation de la pression de condensation attendue après une reconversion (retrofit)

Les températures de condensation saturées attendues se situeront dans les +/- 2K (3.6°F) pour le R449A et le R452A, en comparaison avec des systèmes fonctionnant avec le R404A à des pressions d'évaporation moyennes comparables (point « mid »).

Réglage des pressostats

Les pressions saturées du R449A et du R452A sont légèrement inférieures au R404A. De plus, les paramètres de contrôle de basse et haute pression doivent être ajustés pour que les pressions de fonctionnement du système ne sortent pas de la fenêtre de fonctionnement du compresseur (voir page 12). La pression saturée maximum de refoulement est égale à 60°C (140°F). Veuillez consulter le schéma des pressions.

Comparaison du taux de compression à la condition point de rosée

Evap (°C / °F)	Cond (°C / °F)	R404A	R452A	R449A
-35 / -31	40 / 104	11.0	11.8	12.9
-25 / -13	45 / 113	8.2	8.8	9.4
-10 / 14	45 / 113	4.7	5.0	5.2
5 / 41	55 / 131	3.6	3.8	4.0
15 / 59	60 / 140	3.0	3.2	3.3

Niveau sonore attendu

La variation de la puissance sonore des compresseurs fonctionnant au R449A et R452A est comprise entre +/- 2 dBA comparativement au R404A.

Recommandations pour l'utilisation du R449A et du R452A dans des installations de réfrigération commerciale neuves ou existantes

Pression/Température

Température		Pression abs									
°C	°F	R452A				R449A				R404A	
		bar _{dew}	bar _{bubble}	psi _{dew}	psi _{bubble}	bar _{dew}	bar _{bubble}	psi _{dew}	psi _{bubble}	bar _{dew}	psi _{dew}
-45	-49	0.93	1.12	13.47	16.20	0.78	1.06	11.36	15.35	1.05	15.25
-44	-47.2	0.98	1.17	14.15	16.98	0.82	1.11	11.96	16.10	1.10	15.99
-43	-45.4	1.02	1.23	14.85	17.80	0.87	1.16	12.58	16.88	1.16	16.76
-42	-43.6	1.07	1.29	15.57	18.65	0.91	1.22	13.22	17.68	1.21	17.56
-41	-41.8	1.13	1.35	16.33	19.52	0.96	1.28	13.90	18.52	1.27	18.39
-40	-40	1.18	1.41	17.11	20.43	1.01	1.34	14.59	19.39	1.33	19.25
-39	-38.2	1.24	1.47	17.93	21.38	1.06	1.40	15.32	20.29	1.39	20.14
-38	-36.4	1.29	1.54	18.77	22.35	1.11	1.46	16.08	21.22	1.45	21.06
-37	-34.6	1.35	1.61	19.64	23.36	1.16	1.53	16.86	22.18	1.52	22.01
-36	-32.8	1.42	1.68	20.55	24.41	1.22	1.60	17.67	23.18	1.59	23.00
-35	-31	1.48	1.76	21.49	25.49	1.28	1.67	18.52	24.22	1.66	24.02
-34	-29.2	1.55	1.83	22.46	26.61	1.34	1.74	19.39	25.29	1.73	25.07
-33	-27.4	1.62	1.91	23.46	27.76	1.40	1.82	20.30	26.39	1.80	26.16
-32	-25.6	1.69	2.00	24.50	28.96	1.46	1.90	21.24	27.53	1.88	27.29
-31	-23.8	1.76	2.08	25.58	30.19	1.53	1.98	22.21	28.72	1.96	28.45
-30	-22	1.84	2.17	26.69	31.47	1.60	2.06	23.22	29.94	2.04	29.66
-29	-20.2	1.92	2.26	27.84	32.78	1.67	2.15	24.26	31.20	2.13	30.90
-28	-18.4	2.00	2.35	29.03	34.14	1.75	2.24	25.34	32.50	2.22	32.18
-27	-16.6	2.09	2.45	30.25	35.54	1.82	2.33	26.46	33.84	2.31	33.50
-26	-14.8	2.17	2.55	31.52	36.98	1.90	2.43	27.62	35.22	2.40	34.86
-25	-13	2.26	2.65	32.83	38.47	1.99	2.53	28.81	36.65	2.50	36.27
-24	-11.2	2.36	2.76	34.17	40.00	2.07	2.63	30.04	38.12	2.60	37.71
-23	-9.4	2.45	2.87	35.56	41.58	2.16	2.73	31.32	39.64	2.70	39.21
-22	-7.6	2.55	2.98	37.00	43.21	2.25	2.84	32.63	41.20	2.81	40.74
-21	-5.8	2.65	3.09	38.48	44.89	2.34	2.95	33.99	42.81	2.92	42.32
-20	-4	2.76	3.21	40.00	46.61	2.44	3.07	35.39	44.47	3.03	43.95
-19	-2.2	2.87	3.34	41.57	48.39	2.54	3.18	36.83	46.17	3.15	45.63
-18	-0.4	2.98	3.46	43.18	50.21	2.64	3.30	38.33	47.93	3.26	47.35
-17	1.4	3.09	3.59	44.85	52.09	2.75	3.43	39.86	49.73	3.39	49.12
-16	3.2	3.21	3.72	46.56	54.02	2.86	3.56	41.45	51.59	3.51	50.94
-15	5	3.33	3.86	48.32	56.01	2.97	3.69	43.08	53.50	3.64	52.82
-14	6.8	3.46	4.00	50.13	58.05	3.09	3.82	44.76	55.46	3.77	54.74
-13	8.6	3.59	4.15	52.00	60.14	3.21	3.96	46.49	57.48	3.91	56.72
-12	10.4	3.72	4.30	53.92	62.29	3.33	4.11	48.27	59.55	4.05	58.75
-11	12.2	3.85	4.45	55.89	64.50	3.45	4.25	50.10	61.68	4.19	60.84
-10	14	3.99	4.60	57.91	66.77	3.58	4.40	51.99	63.86	4.34	62.98
-9	15.8	4.14	4.76	59.99	69.10	3.72	4.56	53.93	66.11	4.49	65.18
-8	17.6	4.28	4.93	62.13	71.49	3.86	4.72	55.92	68.41	4.65	67.43
-7	19.4	4.44	5.10	64.33	73.94	4.00	4.88	57.97	70.77	4.81	69.75
-6	21.2	4.59	5.27	66.58	76.45	4.14	5.05	60.08	73.20	4.97	72.12
-5	23	4.75	5.45	68.89	79.03	4.29	5.22	62.25	75.68	5.14	74.55



Recommandations pour l'utilisation du R449A et du R452A dans des installations de réfrigération commerciale neuves ou existantes

Température		Pression abs									
°C	°F	R452A				R449A				R404A	
		bar _{dew}	bar _{bubble}	psi _{dew}	psi _{bubble}	bar _{dew}	bar _{bubble}	psi _{dew}	psi _{bubble}	bar _{dew}	psi _{dew}
-4	24.8	4.91	5.63	71.27	81.67	4.45	5.39	64.48	78.23	5.31	77.05
-3	26.6	5.08	5.82	73.70	84.38	4.60	5.57	66.76	80.84	5.49	79.60
-2	28.4	5.25	6.01	76.20	87.15	4.76	5.76	69.11	83.52	5.67	82.22
-1	30.2	5.43	6.20	78.76	89.99	4.93	5.95	71.52	86.27	5.85	84.91
0	32	5.61	6.41	81.39	92.90	5.10	6.14	73.99	89.08	6.04	87.65
1	33.8	5.80	6.61	84.08	95.88	5.28	6.34	76.53	91.96	6.24	90.47
2	35.6	5.99	6.82	86.85	98.93	5.46	6.54	79.14	94.90	6.44	93.35
3	37.4	6.18	7.04	89.67	102.05	5.64	6.75	81.81	97.92	6.64	96.30
4	39.2	6.38	7.26	92.57	105.24	5.83	6.96	84.55	101.01	6.85	99.32
5	41	6.59	7.48	95.54	108.51	6.02	7.18	87.35	104.17	7.06	102.41
6	42.8	6.80	7.71	98.58	111.86	6.22	7.41	90.23	107.41	7.28	105.57
7	44.6	7.01	7.95	101.70	115.27	6.42	7.63	93.19	110.72	7.50	108.80
8	46.4	7.23	8.19	104.88	118.77	6.63	7.87	96.21	114.10	7.73	112.11
9	48.2	7.46	8.44	108.15	122.34	6.85	8.11	99.31	117.57	7.96	115.49
10	50	7.69	8.69	111.49	126.00	7.07	8.35	102.48	121.11	8.20	118.94
11	51.8	7.92	8.94	114.90	129.73	7.29	8.60	105.73	124.72	8.44	122.47
12	53.6	8.16	9.21	118.40	133.54	7.52	8.85	109.06	128.42	8.69	126.08
13	55.4	8.41	9.48	121.97	137.44	7.75	9.11	112.47	132.20	8.95	129.77
14	57.2	8.66	9.75	125.63	141.42	8.00	9.38	115.96	136.06	9.21	133.54
15	59	8.92	10.03	129.37	145.48	8.24	9.65	119.53	140.00	9.47	137.39
16	60.8	9.18	10.32	133.20	149.63	8.49	9.93	123.18	144.03	9.74	141.32
17	62.6	9.45	10.61	137.11	153.87	8.75	10.21	126.92	148.14	10.02	145.33
18	64.4	9.73	10.91	141.11	158.19	9.01	10.50	130.74	152.34	10.30	149.43
19	66.2	10.01	11.21	145.19	162.60	9.28	10.80	134.66	156.63	10.59	153.62
20	68	10.30	11.52	149.37	167.10	9.56	11.10	138.66	161.01	10.89	157.89
21	69.8	10.59	11.84	153.63	171.70	9.84	11.41	142.75	165.47	11.19	162.25
22	71.6	10.89	12.16	157.99	176.38	10.13	11.72	146.93	170.03	11.49	166.70
23	73.4	11.20	12.49	162.45	181.16	10.43	12.04	151.20	174.68	11.81	171.24
24	75.2	11.51	12.83	167.00	186.03	10.73	12.37	155.57	179.42	12.13	175.87
25	77	11.83	13.17	171.64	191.00	11.03	12.70	160.04	184.25	12.45	180.59
26	78.8	12.16	13.52	176.39	196.06	11.35	13.04	164.60	189.19	12.78	185.41
27	80.6	12.50	13.87	181.23	201.22	11.67	13.39	169.26	194.21	13.12	190.33
28	82.4	12.84	14.24	186.18	206.48	12.00	13.74	174.02	199.34	13.47	195.34
29	84.2	13.18	14.61	191.23	211.84	12.33	14.10	178.89	204.57	13.82	200.45
30	86	13.54	14.98	196.38	217.30	12.68	14.47	183.86	209.89	14.18	205.66
31	87.8	13.90	15.37	201.65	222.86	13.03	14.85	188.93	215.32	14.55	210.97
32	89.6	14.27	15.76	207.02	228.52	13.38	15.23	194.11	220.85	14.92	216.38
33	91.4	14.65	16.15	212.50	234.29	13.75	15.62	199.40	226.49	15.30	221.90
34	93.2	15.04	16.56	218.09	240.16	14.12	16.01	204.80	232.23	15.69	227.53
35	95	15.43	16.97	223.80	246.14	14.50	16.41	210.31	238.07	16.08	233.26
36	96.8	15.83	17.39	229.63	252.23	14.89	16.83	215.94	244.03	16.49	239.10
37	98.6	16.24	17.82	235.57	258.43	15.28	17.24	221.68	250.09	16.90	245.05
38	100.4	16.66	18.25	241.63	264.73	15.69	17.67	227.53	256.27	17.31	251.11



Recommandations pour l'utilisation du R449A et du R452A dans des installations de réfrigération commerciale neuves ou existantes

Température		Pression abs									
°C	°F	R452A				R449A				R404A	
		bar _{dew}	bar _{bubble}	psi _{dew}	psi _{bubble}	bar _{dew}	bar _{bubble}	psi _{dew}	psi _{bubble}	bar _{dew}	psi _{dew}
39	102.2	17.09	18.70	247.82	271.15	16.10	18.10	233.51	262.55	17.74	257.29
40	104	17.52	19.15	254.13	277.68	16.52	18.54	239.61	268.95	18.17	263.58
41	105.8	17.97	19.60	260.56	284.32	16.95	18.99	245.83	275.47	18.62	270.00
42	107.6	18.42	20.07	267.13	291.08	17.39	19.45	252.18	282.09	19.07	276.53
43	109.4	18.88	20.54	273.82	297.95	17.83	19.91	258.65	288.84	19.52	283.18
44	111.2	19.35	21.02	280.65	304.94	18.29	20.39	265.25	295.71	19.99	289.95
45	113	19.83	21.51	287.62	312.04	18.75	20.87	271.98	302.69	20.47	296.85
46	114.8	20.32	22.01	294.72	319.27	19.23	21.36	278.85	309.79	20.95	303.88
47	116.6	20.82	22.52	301.97	326.62	19.71	21.86	285.85	317.02	21.44	311.03
48	118.4	21.33	23.03	309.35	334.08	20.20	22.36	292.98	324.37	21.95	318.32
49	120.2	21.85	23.56	316.89	341.67	20.70	22.88	300.26	331.85	22.46	325.74
50	122	22.38	24.09	324.57	349.39	21.21	23.40	307.67	339.45	22.98	333.29
51	123.8	22.92	24.63	332.40	357.23	21.73	23.94	315.23	347.19	23.51	340.98
52	125.6	23.47	25.18	340.39	365.19	22.27	24.48	322.94	355.05	24.05	348.82
53	127.4	24.03	25.74	348.54	373.28	22.81	25.03	330.79	363.04	24.60	356.79
54	129.2	24.60	26.30	356.84	381.50	23.36	25.59	338.79	371.16	25.16	364.91
55	131	25.19	26.88	365.31	389.85	23.92	26.16	346.95	379.42	25.73	373.18
56	132.8	25.78	27.46	373.95	398.34	24.49	26.74	355.26	387.82	26.31	381.60
57	134.6	26.39	28.06	382.75	406.95	25.08	27.33	363.72	396.35	26.90	390.17
58	136.4	27.01	28.66	391.73	415.70	25.67	27.92	372.35	405.02	27.50	398.90
59	138.2	27.64	29.27	400.89	424.58	26.28	28.53	381.14	413.83	28.12	407.79
60	140	28.28	29.90	410.22	433.59	26.90	29.15	390.09	422.78	28.74	416.83
61	141.8	28.94	30.53	419.74	442.75	27.52	29.78	399.21	431.87	29.37	426.05
62	143.6	29.61	31.17	429.45	452.04	28.17	30.41	408.51	441.11	30.02	435.43
63	145.4	30.29	31.82	439.36	461.47	28.82	31.06	417.97	450.50	30.68	444.98
64	147.2	30.99	32.48	449.45	471.04	29.48	31.72	427.61	460.03	31.35	454.70
65	149	31.70	33.15	459.75	480.76	30.16	32.39	437.43	469.72	32.03	464.61

Richtlinien zur Verwendung von R449A und R452A in neuen und bestehenden gewerblichen Kälteanlagen

1. Die Kältemittel R449A und R452A

Die Tecumseh Products Company empfiehlt nicht das Umrüsten von bestehenden leakagefreien Kälteanlagen. Wenn kein Kältemittel in die Atmosphäre gelangt und die Anlage ordnungsgemäß läuft, besteht kein Grund, das Kältemittel zu ersetzen. Bitte wenden Sie sich an den Hersteller der Vorrichtungen, da durch einen Wechsel des Kältemittels die Sicherheitszertifizierung ungültig werden kann.

Dieser Leitfaden bietet praktische Informationen und Empfehlungen für die Verwendung von R449A oder R452A in neuen und bestehenden gewerblichen Kälteanlagen mit niedriger, mittlerer und hoher Temperatur. Diese Empfehlungen beziehen sich auf alle hermetischen Hub- und Rollkolbenverdichter von Tecumseh (einschließlich Tecumseh-Verflüssigungssätze). Dies gilt jedoch nicht für die Masterflux®-Reihe. R449A und R452A sollte nur in von Tecumseh für diese Kältemittel freigegebenen Verdichtern verwendet werden.

R449A und R452A sind keine „Drop-in“-Alternativen für R404A/R507. Die Leistung und Effizienz fallen leicht unterschiedlich aus. Zudem gibt es allgemeine Unterschiede, die beim Handhaben, Verarbeiten, Verwenden und Wechseln von Kältemitteln berücksichtigt werden müssen.

Im Gegensatz zu R452A weist das Kältemittel R449A vor allem bei niedrigeren Verdampfungstemperaturen höhere Heißgastemperaturen als R404A auf (10 bis 30 K, 18 bis 54 °F). Aus diesem Grund müssen besondere Vorkehrungen getroffen werden, um einen sicheren Betrieb des Verdichters zu gewährleisten.

2. Umweltrelevante Daten

Bei R449A und R452A handelt es sich um Gemische aus gewöhnlichen Fluorkohlenwasserstoffen (FKW) und dem neuen Hydrofluoroolefin-Molekül 1234yf (HFO). Ihre unterschiedlichen Zusammensetzungen werden im Folgenden dargestellt.

	R507	R404A	R449A	R452A
R143a	50 %	52 %	0 %	0 %
R32	0 %	0 %	24 %	11 %
R125	50 %	44 %	25 %	59 %
R134a	0 %	4 %	26 %	0 %
R1234yf	0 %	0 %	25 %	30 %

Die Kältemittel R449A und R452A sind beide nicht brennbar. Ihnen wurde gemäß den Normen ASHRAE 34 und DIN EN 378 die Sicherheitsgruppe A1 zugeordnet. A1 bedeutet, dass die Stoffe als „ungefährlich“ klassifiziert wurden. Dabei gilt:

A = Geringe Giftigkeit

1 = Keine Flammenausbreitung bei 18 °C/64,4 °F, 101.300 Pa/14,7 psi

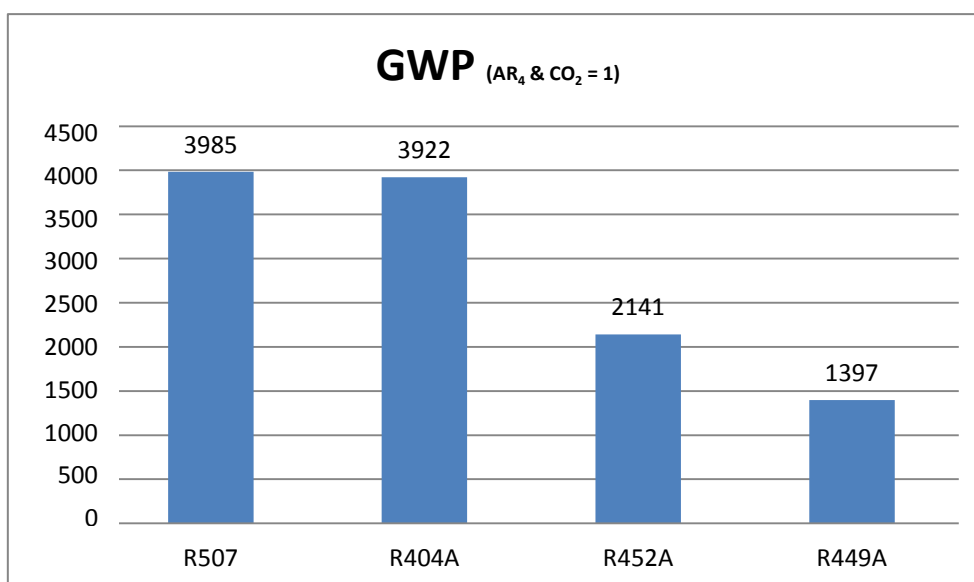
Da jedoch sowohl R449A als auch R452A die leicht brennbaren Stoffe R32 und R1234yf enthalten, sollten sie aufgrund der Brandgefahr zur Lecksuche nicht mit Luft vermischt werden.——

Richtlinien zur Verwendung von R449A und R452A in neuen und bestehenden gewerblichen Kälteanlagen

Andere physikalische Eigenschaften zeigt die nachfolgende Tabelle.

Kältemiteleigenschaften	R404A	R449A	R452A
Siedepunkt bei 1 bar (°C/°F)	-46,5/-51,7	-46/-50,8	-47/-52,6
Kritische Temperatur (°C/°F)	72,1/161,8	80,1/176,2	74,9/166,8
Kritischer Druck (bar abs./psia)	37,3/541	44,1/639,6	40,0/580,2
Flüssigkeitsdichte bei 32 °C/90 °F (kg/m ³)	1010	1061	1093
Dampfdichte bei -30 °C/-22 °F (kg/m ³)	10,7	7,3	10,1

Da die Kältemittel R449A und R452A kein Chlor enthalten, weisen sie ein Ozonabbaupotential (ODP) von 0 auf. Ihr Treibhauspotential (GWP) beträgt 64 %. Dies ist 45 % geringer als das von R404A.



Richtlinien zur Verwendung von R449A und R452A in neuen und bestehenden gewerblichen Kälteanlagen

3. Kältemitteleigenschaften

Gleit und Wärmeübertragungsleistung

Bei R404A handelt es sich um ein nahezu azeotropes Kältemittelgemisch. Das bedeutet, dass es sich bei einem bestimmten Druck ungefähr bei der gleichen Temperatur verflüssigt und siedet (Temperaturgleit niedriger als 0,5 K).

Die Kältemittel R449A und R452A weisen je nach Betriebsbedingungen einen Temperaturgleit von 1,5 bis 5 K (2,7 bis 9,0 °F) auf (siehe nachfolgende Tabelle).

Kältemittel/T _{Tau}	Effektiver Temperaturgleit (K/°F)			
	Verdampfer			Verflüssiger
	-35 °C/-31 °F	-10 °C/14 °F	0 °C/32 °F	45 °C/113 °F
R404A	0,3/0,54	0,3/0,54	0,4/0,72	0,3/0,54
R449A	3,0/5,4	3,5/6,3	3,8/6,8	4,5/8,1
R452A	1,7/3,1	2,2/4,0	2,5/4,5	3,5/6,3

Beim effektiven Gleit wird die tatsächliche Eintrittsverdampfungstemperatur berücksichtigt.

In der Verdampfungsphase steigt die Temperatur und in der Verflüssigungsphase sinkt sie. Gegenstrom-Wärmetauscher, die in den letzten zehn Jahren zum Einsatz kamen, sind im Gegensatz zu Gleichstrom-Wärmetauschern weniger anfällig für dieses physikalische Phänomen.

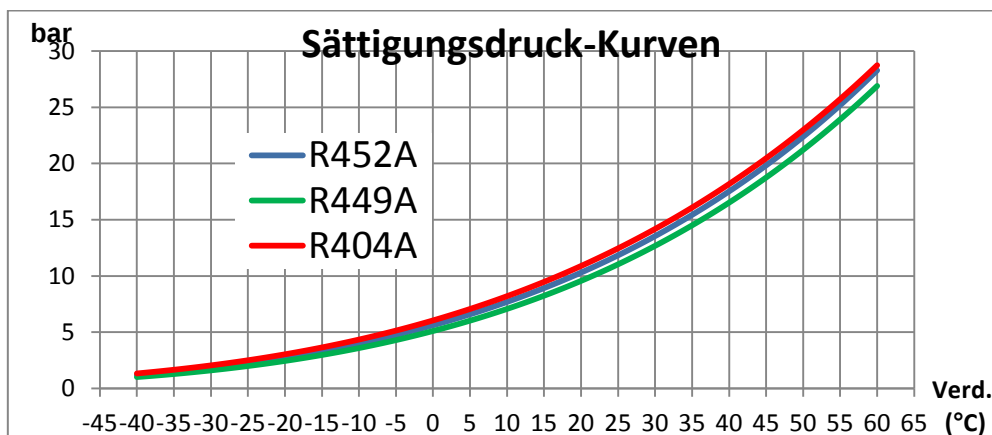
Zudem wird durch eine durchschnittliche Temperatur während der Verdampfungsphase, mittlere Sättigungstemperatur genannt, die Temperaturdifferenz zwischen den Primär- und Sekundärkältemitteln erhöht.

- Diese beiden Tatsachen können möglichen Leistungsverlusten der Wärmetauscher entgegenwirken.
- Ein verbleibendes Risiko ist das Vereisen des Verdampfers, das abhängig ist vom Typ des Sekundärkältemittels und von der Durchflussmenge durch die Wärmetauscher.
 - o Die Abtauregelungszeit (Häufigkeit und Dauer) und die Temperatureinstellungen können angepasst und/oder zurückgesetzt werden, um das Risiko einer Vereisung zu verringern.

Für R449A, R452A und R404A werden die temperaturabhängigen Bubble- und Taupunktdrücke in den Tabellen auf den Seiten 14 bis 16 dargestellt. Um das Expansionsorgan ordnungsgemäß zu versorgen und die erwartete Verdampferleistung zu erreichen, sollte der Techniker prüfen, ob am Verflüssigeraustritt eine ausreichende Unterkühlung stattfindet. Die Unterkühlung kann bestimmt werden, indem die Spalte „Bubble-Point-Temperatur“ zu Rate gezogen wird. Zum Bestimmen des Ausmaßes der Überhitzung ist die Spalte „Taupunkttemperatur“ erforderlich.

Richtlinien zur Verwendung von R449A und R452A in neuen und bestehenden gewerblichen Kälteanlagen

Die Sättigungsdrücke von R452A sind nur geringfügig niedriger als die von R404A. Und die Drücke von R449A sind nur etwas geringer als die von R404A.



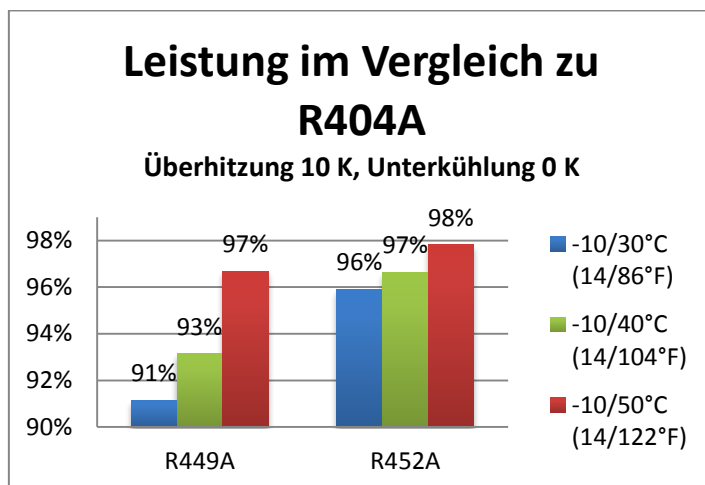
Messbedingungen & angegebene Leistungen gemäß Referenzstandards

Verdichterstandards verwenden Taupunkttemperaturen, da sie das Herstellen eines deutlichen Zusammenhangs zwischen den Drücken und Temperaturen erlauben. Zu Analysezwecken kann eine Durchschnittstemperatur dazu eingesetzt werden, um die tatsächliche Anlagenleistung darzustellen oder um Gemische mit reinen Kältemitteln zu vergleichen.

Die durchschnittliche Verflüssigungstemperatur ist das arithmetische Mittel der Tau- und Bubble-Point-Temperaturen bei herrschendem Verflüssigungsdruck. Sie lässt sich leicht berechnen. Bei der durchschnittlichen Verdampfungstemperatur handelt es sich um das Mittel der Taupunkttemperatur bei Verdampfungsdruck und der Temperatur am Verdampfereintritt, die abhängig ist vom Verflüssigungsdruck und Ausmaß der Unterkühlung. Bitte ziehen Sie für weitere Informationen und für ein Verfahren zum Umwandeln der Taupunkt- in die Mitteltemperatur den Gleit-[Leitfaden](#) von ASERCOM zu Rate.

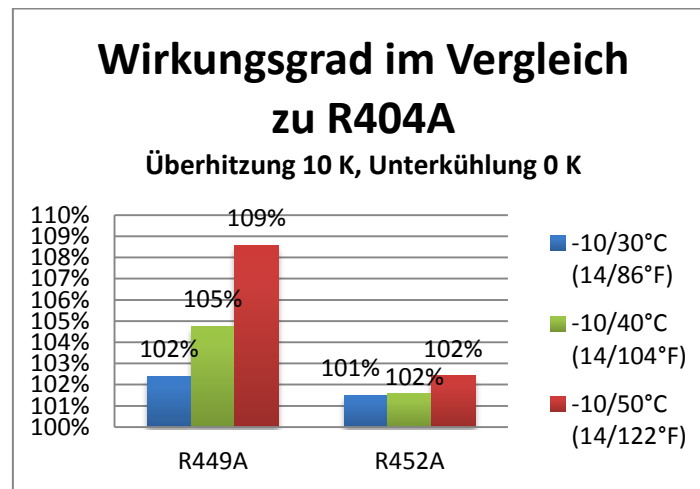
3. Leistung bei mittlerer Temperatur

Von Tecumseh durchgeführte Prüfungen lassen auf Grundlage verschiedener Verdampfungs- und Verflüssigungstemperaturen Rückschlüsse auf das Verhalten der Kältemittel zu. Diese Ergebnisse können in Abhängigkeit der Verdichtermodelle leicht variieren.



Richtlinien zur Verwendung von R449A und R452A in neuen und bestehenden gewerblichen Kälteanlagen

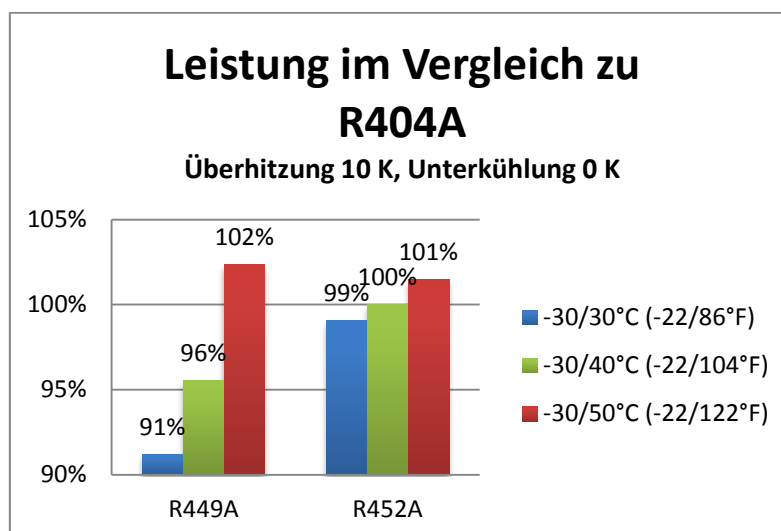
R452A liefert im Vergleich zu R449A vor allem bei niedrigen Verflüssigungstemperaturen mehr Leistung.



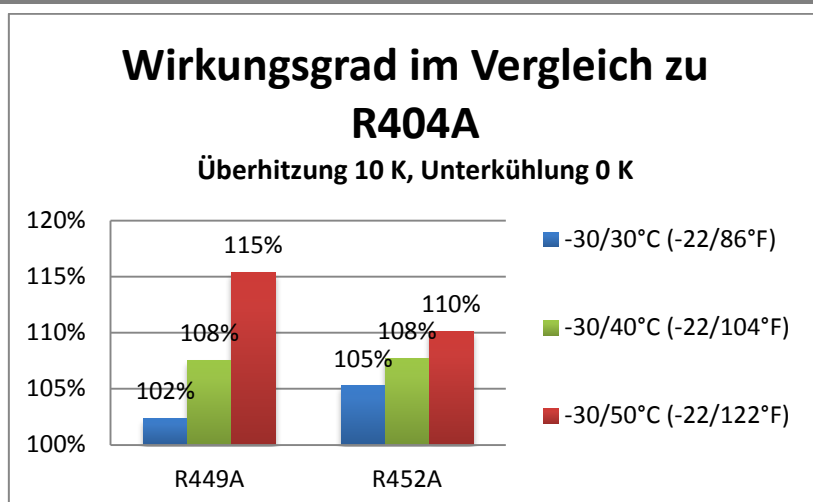
Die Kältemittel R449A und R452A weisen im Vergleich zu R404A einen höheren Wirkungsgrad auf. Derjenige von R449A ist dabei etwas höher als der von R452A. Dies gilt vor allem bei hohen Verdampfungs- und Verflüssigungstemperaturen.

4. Leistung bei niedriger Temperatur

Die untenstehenden Ergebnisse können je nach Verdichtermodell leicht variieren.



Richtlinien zur Verwendung von R449A und R452A in neuen und bestehenden gewerblichen Kälteanlagen



6. Betriebssicherheit des Verdichters

Kompatibilität

Es wurden umfangreiche Prüfungen durchgeführt, um zu beweisen, dass die Kältemittel R452A und R449A mit den von Tecumseh bereits zugelassenen Polyolester- und Polyvinylether-Schmiermitteln (POE bzw. PVE) und mit allen in R404A-Verdichtern und -Verflüssigungssätzen von Tecumseh verwendeten Werkstoffen verträglich sind. Wenden Sie sich für die aktuellste Liste von zulässigen Schmiermitteln an Ihren Tecumseh-Ansprechpartner.

Chemische Stabilität

Stabilitätsprüfungen zeigen, dass R449A und R452A als Kältemittel mit niedrigem GWP dazu neigen, sich bei dem Vorhandensein von Luft weitaus schneller zu zersetzen als R404A. Bei Anwesenheit von Wasser wird dieser Vorgang noch besser sichtbar.

Wenn sich Kältemittel zersetzen, entstehen Fluorid-Ionen und organische Säuren, die zur Zersetzung von POE-Schmiermitteln (bei PVE-Schmiermitteln ist dies weniger der Fall), zur Korrosion von Expansionsventilen, zur Verstopfung von Kapillarrohren und zum Verschleiß von beweglichen Teilen führen.

Feuchtigkeit

Damit Kältemittel-Schmiermittel chemisch stabil sind, darf in der Anlage nur sehr wenig Feuchtigkeit vorhanden sein. Das Nichterfüllen dieser Anforderung führt dazu, dass Zersetzungsprodukte entstehen.

- POE- und PVE-Öle sind hundertmal hygroskopischer (feuchtigkeitsbindender) als Mineralöle. Es ist schwierig, die Feuchtigkeit aus dem Öl zu entfernen. Das gilt auch dann, wenn Wärme angewendet und/oder in der Anlage ein Vakuum hergestellt wird.
- **Es muss mit größter Sorgfalt verhindert werden, dass Feuchtigkeit in die Kälteanlage gelangt.** Lassen Sie den Verdichter oder die Anlage nicht länger als zehn Minuten lang offen.

Richtlinien zur Verwendung von R449A und R452A in neuen und bestehenden gewerblichen Kälteanlagen

Es wird empfohlen, die Stopfen und Kappen der Anlagenkomponenten erst vor dem Löten zu entfernen. Nach Arbeiten an der Anlage sollte der Anlagenfeuchtigkeitsgehalt bei maximal 80 ppm liegen. Nach dem Betrieb mit einem eingebauten, geeigneten Filtertrockner sollte der Feuchtigkeitsgehalt der Anlage weniger als oder genau 50 ppm betragen. Diese Werte basieren auf Feuchtigkeitsmessungen von flüssigen Kältemittelproben, die der Anlage entnommen wurden.

- **Wenden Sie sich an einen Hersteller für Filtertrockner**, um Empfehlungen in Bezug auf einen geeigneten Filtertrockner zu erhalten.

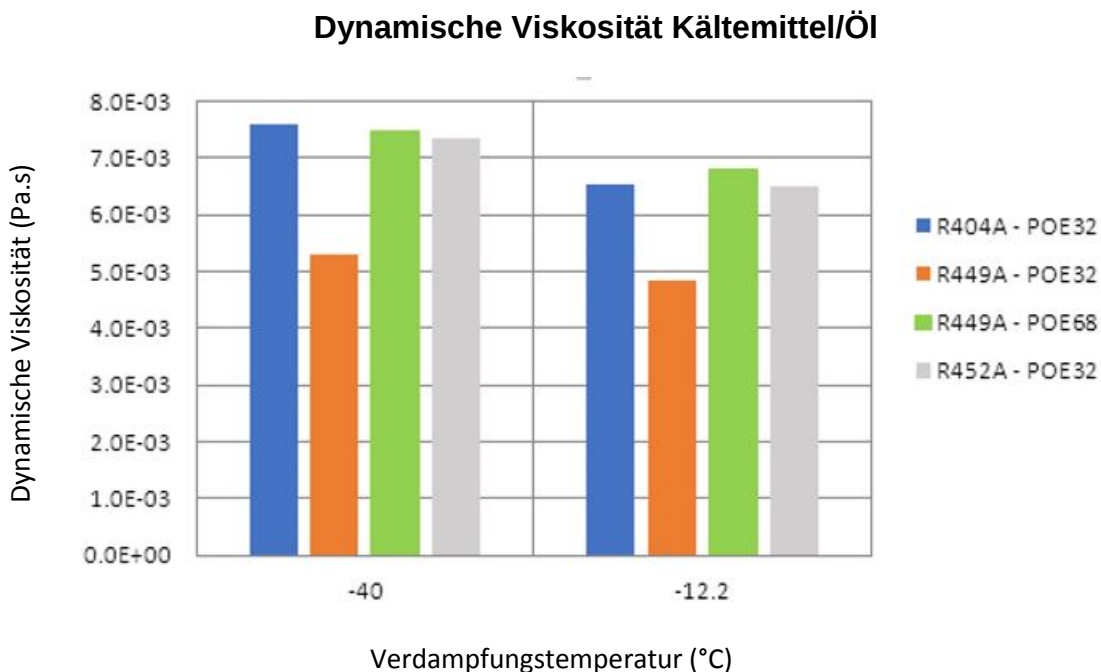
Bei Bedenken in Bezug auf das Schmiermittel oder wenn Prüfungen zeigen, dass es kontaminiert ist oder einen hohen Säuregehalt aufweist, muss das Schmiermittel ausgetauscht werden. Sechs Monate nach der Umrüstung sollte das Schmiermittel erneut geprüft werden.

Richtlinien zur Verwendung von R449A und R452A in neuen und bestehenden gewerblichen Kälteanlagen

Viskosität

Die Mischung aus 32 POE-Öl mit R452A hat eine ähnliche Arbeitsviskosität wie R404A. Aufgrund dessen ist die zu erwartende minimale Ölfilmdicke (MOFT), die Verschleiß und Ausfall verhindern soll, mit R452A sehr ähnlich oder sogar höher als die mit R404A.

Aufgrund der höheren Betriebstemperatur mit R449A, welche die Ölviskosität und damit auch die MOFT reduziert, rät Tecumseh das Standard Schmiermittel mit Viskositätsgrad 32 cSt durch VG 68 zu ersetzen, wenn der Verdichter ständig bei hohen Verdampfungstemperaturen betrieben wird. Das wird die MOFT auf R404A Niveau bringen.



Schmiermittelhersteller arbeiten immer noch daran, die Auswirkungen von R404A-Alternativen in gegenwärtigen Schmiermitteln zu beurteilen. Sie suchen nach Möglichkeiten, um die Löslichkeit und Energieeffizienz der Schmiermittel zu verbessern und gegebenenfalls optimierte Schmiermittel auf den Markt zu bringen. Auch Tecumseh setzt seine Prüfungen von Verdichtern im Hinblick auf die Kompatibilität mit Schmiermitteln, Kältemitteln und Werkstoffen fort.

Thermische Stabilität

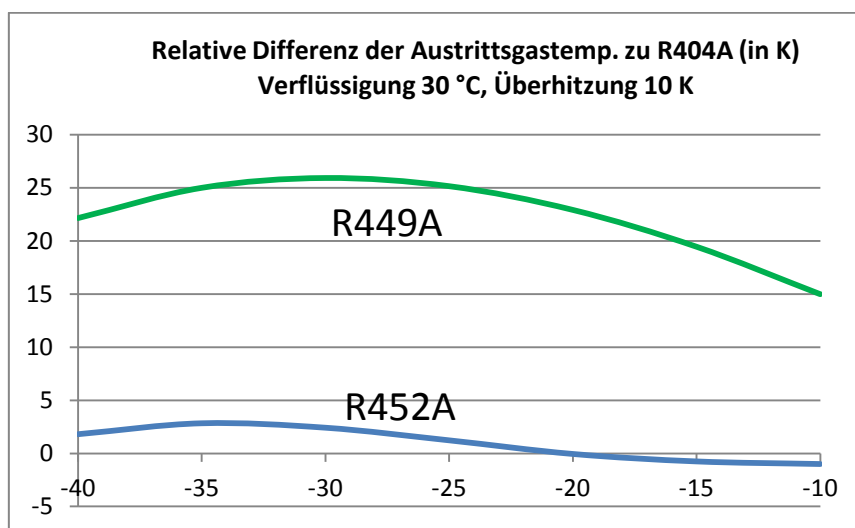
Wenn Schmiermittel längere Zeit hohen Temperaturen ausgesetzt werden, können sich Zersetzungsprodukte bilden. Diese Zersetzung wird bei dem Vorhandensein von Kontaminationsstoffen wie Luft oder Wasser noch beschleunigt. Wenn die Temperatur mehrmals um 10 K steigt, geht der Zersetzungsprozess wesentlich schneller vonstatten. Je mehr sich die Anlage der geeigneten Temperatur nähert, desto höher wird das Risiko einer Verkokung (überhitztes Schmiermittel wird an der Verdichterventilplatte verkocht, das Ventil wird undicht und die Temperatur steigt noch weiter an). Schließlich führen das zersetzte Schmiermittel und die verkochten Ablagerungen zu einem Verlust der Schmierung und einem metallischen Kontakt. Dadurch fällt wiederum der Pumpmechanismus des Verdichters aus.

Richtlinien zur Verwendung von R449A und R452A in neuen und bestehenden gewerblichen Kälteanlagen

Durch den hohen Anteil von R125 wird die Austrittstemperatur von **R452A** auf diejenige von R404A gesenkt. Somit kann R452A in Anwendungen mit mittleren und niedrigen Temperaturen als direkte Alternative für R404A eingesetzt werden. R452A eignet sich besonders für:

- Kälteanwendungen, bei denen viele verschiedene Umgebungstemperaturen auftreten
- Anwendungen mit niedrigen Temperaturen, bei denen eine begrenzte Überhitzungs- oder Verflüssigungstemperatur nicht zweckmäßig ist
- Statische Kälteanwendungen
- Anwendungen, die zwischen Flüssigkeits- und Saugleitung einen Wärmetauscher erfordern. Der Massenstrom von R452A gleicht demjenigen von R404A. Des Weiteren weist R452A eine relativ hohe Überhitzungsenthalpie auf.

R449A verfügt durch den hohen Anteil an R32 im Vergleich zu R452A über einen höheren Isentropen-Exponenten und bei gleichen Betriebsbedingungen auch über einen höheren als R404A. Die Temperatur des Austrittsgases und des Motors steigt vor allem bei niedrigeren Verdampfungstemperaturen um 15 bis 30 K (27 bis 54 °F).



Die Temperaturdifferenz zwischen der Austrittsleitung und der Verdichterventilplatte kann beim Einsatz von R449A über 55 K (100 °F) betragen.

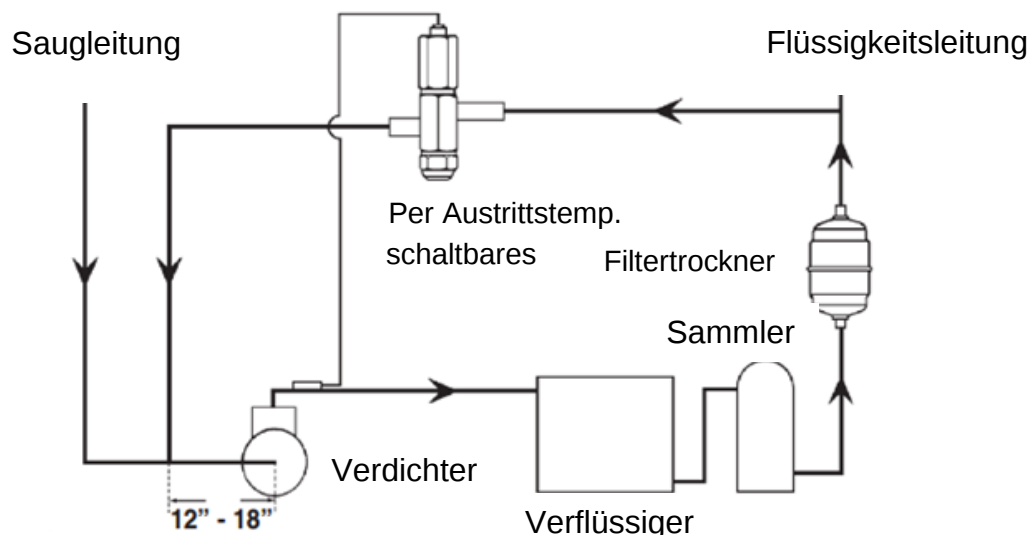
HINWEIS: Eine oder mehrere der unten genannten Empfehlungen sollten eingehalten werden, damit die Austrittstemperaturen des Verdichters innerhalb der Betriebsgrenzen bleiben.

Verdichterkühlung

Tecumseh empfiehlt, bei Multizylinderverdichtern mit einer Verdampfungstemperatur von -30 °C (-22 °F) und niedriger, Austrittsgastemperaturen von 125 °C (257 °F) nicht zu überschreiten. Für Einzylinder-Verdichter mit den gleichen Verdampfungstemperaturen wird eine Austrittsgastemperatur bis 120 °C (248 °F) empfohlen.

Richtlinien zur Verwendung von R449A und R452A in neuen und bestehenden gewerblichen Kälteanlagen

- Wir empfehlen für jede Anwendung vor allem bei niedrigen Betriebstemperaturen eine ausreichende Lüfterkühlung des Verdichters.
- Speziell für R449A wird Folgendes empfohlen:
 - o Decken Sie den Verdichter NICHT mit einer Schallschutzdecke und/oder auf andere Weise ab, da ansonsten erhöhte Austrittstemperaturen auftreten.
 - o Begrenzen Sie die Sauggasüberhitzung am saugseitigen Eintritt des LBP-Verdichters auf maximal 10 K (18 °F).
 - o Verwenden Sie KEINE Flüssigkeits-/Dampfwärme (allgemein bekannt als Enthitzer), da sie zu erhöhten Austrittstemperaturen führen.
 - o Um das Risiko einer Rohrverstopfung vorzubeugen, dürfen Sie für LBP-Verdichter keine Kapillarrohre einsetzen. Tecumseh empfiehlt, ein thermostatisches Expansionsventil zu verwenden.
- Bei Anwendungen mit einem Heißgas-Bypassventil oder einem Konstantverdampfungs-Druckventil (z. B. gekühlte Lufttrockner oder mehrere von einem Verflüssigungssatz versorgte Verdampfer) ist besondere Vorsicht geboten.
- Wählen Sie ein geeignetes Kältemittel aus, damit die Temperatur des Austrittsgases 120 °C (248 °F) nicht übersteigt.
- Inspizieren und reinigen Sie die Verflüssigerspulen regelmäßig, damit die Betriebstemperaturen des Verdichters innerhalb der genannten Betriebsgrenzen bleiben.
- Führen Sie vor einer Anlagenumrüstung auf ein neues Kältemittel eine Messung der Austrittsgastemperatur des Verdichters durch, um zu überprüfen, ob die durch das neue Kältemittel verursachte Temperaturdifferenz realistisch ist.
- Verwenden Sie ein thermoschaltbares Expansionsventil (z. B. TREV Y1037 von Parker), das die Austrittstemperatur über einen Fühler misst, wenn die Temperatur der Überhitzung nicht unter 10 K (18 °F) gehalten werden kann. Durch das Einspritzen eines Gemisches aus gesättigtem Kältemittel und Dampf in die Saugleitung können Sie die Temperatur des überhitzten Sauggases verringern und damit auch die zu hohen Austrittstemperaturen. Wenden Sie sich für Informationen zur richtigen Ventilgröße, zum Einbauort und zu Temperatureinstellungen an den Hersteller des Expansionsorgans. HINWEIS: Wenn flüssiges Kältemittel in den Verdichter gelangt, kann es ggf. die Verdichterlager beschädigen.



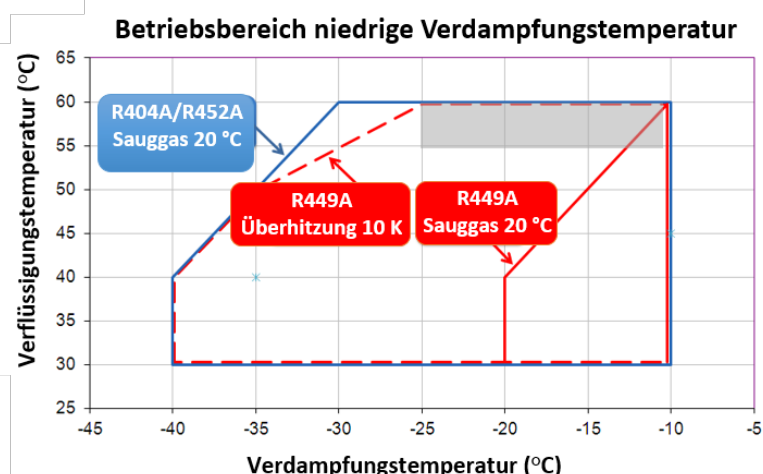
Richtlinien zur Verwendung von R449A und R452A in neuen und bestehenden gewerblichen Kälteanlagen

In der Nähe des Verdichters sollte ein ordnungsgemäß bemessener Saugleitungs-Sammler in Kombination mit einem TREV montiert werden.

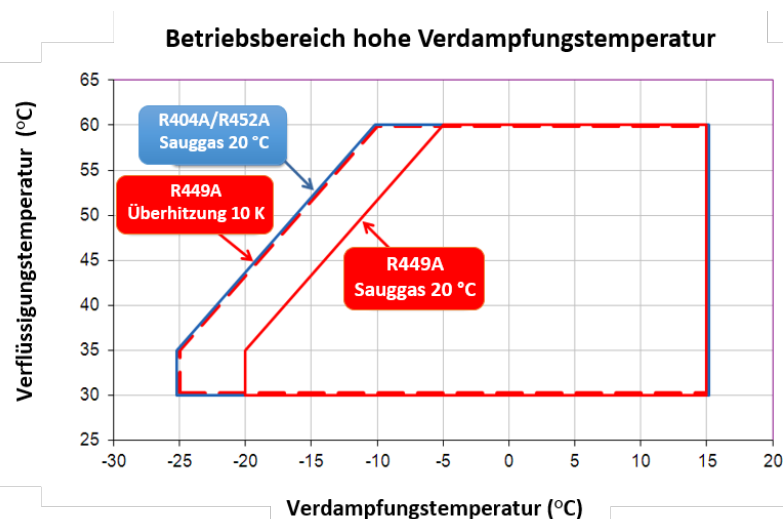
Betriebsbereich des Verdichters

Die unten dargestellten Betriebsbereichswerte sind lediglich Richtwerte. Sie müssen auf Grundlage des verwendeten Verdichtermodells und der Gesamtkonstruktion der Kälteanlage angepasst werden. Im Allgemeinen gilt, dass der Betriebsbereich von Niedrigtemperaturanlagen für R404A durch das Begrenzen der Überhitzung auf maximal 10 K (18 °F) vollständig oder teilweise für R449A und R452A geeignet ist.

Bitte beachten Sie den Abschnitt „Verdichterkühlung“ auf Seite 9 und befolgen Sie die Empfehlungen, um die Austrittstemperaturen innerhalb der Betriebsgrenzen zu halten. Tecumseh empfiehlt, die Austrittsgastemperaturen des Verdichters zu messen und die erforderlichen Maßnahmen zu ergreifen, um für Mehrzylinderverdichter und Einzylinderverdichter mit einer Verdampfungstemperatur von -30 °C (-22 °F) und niedriger Temperaturen unterhalb von 125 °C (257 °F) bzw. 120 °C (248 °F) zu erreichen.



In Fällen, in denen Kältesysteme mit Hubkolbenverdichter unter gleichbleibenden Bedingungen in dem schraffierten Bereich des obigen Verdichter Anwendungsfensters laufen würde, rät Tecumseh den POE 32 cst Ölviskositätsgrad durch 68 cst zu ersetzen.



Richtlinien zur Verwendung von R449A und R452A in neuen und bestehenden gewerblichen Kälteanlagen

7. Anwendungsseite

Kältemittelfüllung

Die Kältemittelgemische R452A und R449A sind azeotrop und müssen im flüssigen Zustand eingefüllt werden. Der Kältemittelzylinder sollte mit einem Tauchrohr ausgestattet sein. Somit ist es nicht erforderlich, den Zylinder umzudrehen.

Für das Befüllen der Anlage wird empfohlen, eine Skala zu verwenden. Das Primärkältemittel sollte in den Sammlerbehälter oder in die Flüssigkeitsleitung gefüllt werden.

Tecumseh empfiehlt das Verwenden eines Kältemittelfüllsystems mit einem eingebauten Schauglas, sodass der Füllstand des flüssigen Kältemittels sichtbar ist.

- Um Beschädigungen des Verdichters zu vermeiden, das Kältemittel nicht in die Saugleitung einfüllen.
- R452A und R449A sollten nicht mit einem anderen Kältemittel vermischt werden.
- Es wird die Montage mit einer vorläufigen Kältemittelfüllung von 80 % der ursprünglichen Menge im Flüssigkeitssammler empfohlen.
- Im Vergleich zu R404A ist die endgültige R452A- oder R449A-Menge 5 bis 10 % höher.

Flüssigkeitsdichte (dient nur als Referenz)

Temperatur	R404A	R449A	R452A	R449A/R404A-1	R452A/R404A-1
°C/°F	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	%	
-20/-4	1223,1	1265,4	1318,2	3,5 %	7,8 %
-10/14	1188,0	1232,3	1280,8	3,7 %	7,8 %
40/104	966,1	1019,8	1047,2	5,6 %	8,4 %
60/140	815,8	893,7	896,9	9,5 %	9,9 %

Bitte ziehen Sie die Taupunkt-Sättigungsdrücke zum Messen der Überhitzung und die Bubble-Point-Sättigungsdrücke zum Messen der Unterkühlung zu Rate.

Einstellung des Expansionsorgans

Verwenden Sie mit R449A kein Kapillarrohr als Expansionsorgan.

Bei R452A kann dagegen ein Kapillarrohr mit Verdichtern mit mittleren und hohen Gegendrücken verwendet werden.

R452A verfügt über einen ähnlichen Massenstrom wie R404A. Aus diesem Grund müssen die Einstellungen des thermostatischen Expansionsventils nur geringfügig angepasst werden.

R449A weist einen (um 20 bis 25 %) geringeren Massenstrom auf als R404A. Daher und durch Unterschiede beim Temperaturgleit und bei der Leistung muss ein neues, ordnungsgemäß bemessenes Expansionsorgan montiert werden. Wenden Sie sich für Informationen zur richtigen Ventilgröße und zu den Überhitzungseinstellungen an den Hersteller des Expansionsorgans.

Richtlinien zur Verwendung von R449A und R452A in neuen und bestehenden gewerblichen Kälteanlagen

Nach einer Umrüstung erwartete Verflüssigungsdruckabweichung

Im Vergleich zu mit R404A betriebenen Anlagen werden für R449A und R452A bei ähnlichen mittleren Verdampfungsdrücken gesättigte Verflüssigungstemperaturen von 2 K (3,6 °F) erwartet.

Einstellungen der Druckregelung

Die Sättigungsdrücke von R449A und R452A sind etwas geringer als die von R404A. Aus diesem Grund müssen die Nieder- und Hochdruckeinstellungen angepasst werden, sodass die Betriebsdrücke der Anlage NICHT außerhalb des Betriebsbereichs des Verdichters liegen (siehe Seite 11). Der maximal zulässige gesättigte Austrittsdruck beträgt 60 °C (140 °F). Siehe die Drucktabelle.

Vergleich der Verdichtungsverhältnisse bei Taupunkt-Messbedingungen

Verd. (°C/°F)	Verf. (°C/°F)	R404A	R452A	R449A
-35/-31	40/104	11,0	11,8	12,9
-25/13	45/113	8,2	8,8	9,4
-10/14	45/113	4,7	5,0	5,2
5/41	55/131	3,6	3,8	4,0
15/59	60/140	3,0	3,2	3,3

Erwarteter Geräuschpegel

Der Geräuschpegel bei mit R449A oder R452A betriebenen Verdichtern ist im Vergleich zu R404A-Verdichtern +/-2 dBA.

Richtlinien zur Verwendung von R449A und R452A in neuen und bestehenden gewerblichen Kälteanlagen

Druck/Temperatur

Temperatur		Druck abs									
°C	°F	R452A				R449A				R404A	
		bar _{Tau}	bar _{Bubble}	psi _{Tau}	psi _{Bubble}	bar _{Tau}	bar _{Bubble}	psi _{Tau}	psi _{Bubble}	bar _{Tau}	psi _{Tau}
-45	-49	0,93	1,12	13,47	16,20	0,78	1,06	11,36	15,35	1,05	15,25
-44	-47,2	0,98	1,17	14,15	16,98	0,82	1,11	11,96	16,10	1,10	15,99
-43	-45,4	1,02	1,23	14,85	17,80	0,87	1,16	12,58	16,88	1,16	16,76
-42	-43,6	1,07	1,29	15,57	18,65	0,91	1,22	13,22	17,68	1,21	17,56
-41	-41,8	1,13	1,35	16,33	19,52	0,96	1,28	13,90	18,52	1,27	18,39
-40	-40	1,18	1,41	17,11	20,43	1,01	1,34	14,59	19,39	1,33	19,25
-39	-38,2	1,24	1,47	17,93	21,38	1,06	1,40	15,32	20,29	1,39	20,14
-38	-36,4	1,29	1,54	18,77	22,35	1,11	1,46	16,08	21,22	1,45	21,06
-37	-34,6	1,35	1,61	19,64	23,36	1,16	1,53	16,86	22,18	1,52	22,01
-36	-32,8	1,42	1,68	20,55	24,41	1,22	1,60	17,67	23,18	1,59	23,00
-35	-31	1,48	1,76	21,49	25,49	1,28	1,67	18,52	24,22	1,66	24,02
-34	-29,2	1,55	1,83	22,46	26,61	1,34	1,74	19,39	25,29	1,73	25,07
-33	-27,4	1,62	1,91	23,46	27,76	1,40	1,82	20,30	26,39	1,80	26,16
-32	-25,6	1,69	2,00	24,50	28,96	1,46	1,90	21,24	27,53	1,88	27,29
-31	-23,8	1,76	2,08	25,58	30,19	1,53	1,98	22,21	28,72	1,96	28,45
-30	-22	1,84	2,17	26,69	31,47	1,60	2,06	23,22	29,94	2,04	29,66
-29	-20,2	1,92	2,26	27,84	32,78	1,67	2,15	24,26	31,20	2,13	30,90
-28	-18,4	2,00	2,35	29,03	34,14	1,75	2,24	25,34	32,50	2,22	32,18
-27	-16,6	2,09	2,45	30,25	35,54	1,82	2,33	26,46	33,84	2,31	33,50
-26	-14,8	2,17	2,55	31,52	36,98	1,90	2,43	27,62	35,22	2,40	34,86
-25	-13	2,26	2,65	32,83	38,47	1,99	2,53	28,81	36,65	2,50	36,27
-24	-11,2	2,36	2,76	34,17	40,00	2,07	2,63	30,04	38,12	2,60	37,71
-23	-9,4	2,45	2,87	35,56	41,58	2,16	2,73	31,32	39,64	2,70	39,21
-22	-7,6	2,55	2,98	37,00	43,21	2,25	2,84	32,63	41,20	2,81	40,74
-21	-5,8	2,65	3,09	38,48	44,89	2,34	2,95	33,99	42,81	2,92	42,32
-20	-4	2,76	3,21	40,00	46,61	2,44	3,07	35,39	44,47	3,03	43,95
-19	-2,2	2,87	3,34	41,57	48,39	2,54	3,18	36,83	46,17	3,15	45,63
-18	-0,4	2,98	3,46	43,18	50,21	2,64	3,30	38,33	47,93	3,26	47,35
-17	1,4	3,09	3,59	44,85	52,09	2,75	3,43	39,86	49,73	3,39	49,12
-16	3,2	3,21	3,72	46,56	54,02	2,86	3,56	41,45	51,59	3,51	50,94
-15	5	3,33	3,86	48,32	56,01	2,97	3,69	43,08	53,50	3,64	52,82
-14	6,8	3,46	4,00	50,13	58,05	3,09	3,82	44,76	55,46	3,77	54,74
-13	8,6	3,59	4,15	52,00	60,14	3,21	3,96	46,49	57,48	3,91	56,72
-12	10,4	3,72	4,30	53,92	62,29	3,33	4,11	48,27	59,55	4,05	58,75
-11	12,2	3,85	4,45	55,89	64,50	3,45	4,25	50,10	61,68	4,19	60,84
-10	14	3,99	4,60	57,91	66,77	3,58	4,40	51,99	63,86	4,34	62,98
-9	15,8	4,14	4,76	59,99	69,10	3,72	4,56	53,93	66,11	4,49	65,18
-8	17,6	4,28	4,93	62,13	71,49	3,86	4,72	55,92	68,41	4,65	67,43
-7	19,4	4,44	5,10	64,33	73,94	4,00	4,88	57,97	70,77	4,81	69,75
-6	21,2	4,59	5,27	66,58	76,45	4,14	5,05	60,08	73,20	4,97	72,12

Richtlinien zur Verwendung von R449A und R452A in neuen und bestehenden gewerblichen Kälteanlagen

-5	23	4,75	5,45	68,89	79,03	4,29	5,22	62,25	75,68	5,14	74,55
Temperatur		Druck abs									
°C	°F	R452A				R449A				R404A	
		bar _{Tau}	bar _{Bubble}	psi _{Tau}	psi _{Bubble}	bar _{Tau}	bar _{Bubble}	psi _{Tau}	psi _{Bubble}	bar _{Tau}	psi _{Tau}
-4	24,8	4,91	5,63	71,27	81,67	4,45	5,39	64,48	78,23	5,31	77,05
-3	26,6	5,08	5,82	73,70	84,38	4,60	5,57	66,76	80,84	5,49	79,60
-2	28,4	5,25	6,01	76,20	87,15	4,76	5,76	69,11	83,52	5,67	82,22
-1	30,2	5,43	6,20	78,76	89,99	4,93	5,95	71,52	86,27	5,85	84,91
0	32	5,61	6,41	81,39	92,90	5,10	6,14	73,99	89,08	6,04	87,65
1	33,8	5,80	6,61	84,08	95,88	5,28	6,34	76,53	91,96	6,24	90,47
2	35,6	5,99	6,82	86,85	98,93	5,46	6,54	79,14	94,90	6,44	93,35
3	37,4	6,18	7,04	89,67	102,05	5,64	6,75	81,81	97,92	6,64	96,30
4	39,2	6,38	7,26	92,57	105,24	5,83	6,96	84,55	101,01	6,85	99,32
5	41	6,59	7,48	95,54	108,51	6,02	7,18	87,35	104,17	7,06	102,41
6	42,8	6,80	7,71	98,58	111,86	6,22	7,41	90,23	107,41	7,28	105,57
7	44,6	7,01	7,95	101,70	115,27	6,42	7,63	93,19	110,72	7,50	108,80
8	46,4	7,23	8,19	104,88	118,77	6,63	7,87	96,21	114,10	7,73	112,11
9	48,2	7,46	8,44	108,15	122,34	6,85	8,11	99,31	117,57	7,96	115,49
10	50	7,69	8,69	111,49	126,00	7,07	8,35	102,48	121,11	8,20	118,94
11	51,8	7,92	8,94	114,90	129,73	7,29	8,60	105,73	124,72	8,44	122,47
12	53,6	8,16	9,21	118,40	133,54	7,52	8,85	109,06	128,42	8,69	126,08
13	55,4	8,41	9,48	121,97	137,44	7,75	9,11	112,47	132,20	8,95	129,77
14	57,2	8,66	9,75	125,63	141,42	8,00	9,38	115,96	136,06	9,21	133,54
15	59	8,92	10,03	129,37	145,48	8,24	9,65	119,53	140,00	9,47	137,39
16	60,8	9,18	10,32	133,20	149,63	8,49	9,93	123,18	144,03	9,74	141,32
17	62,6	9,45	10,61	137,11	153,87	8,75	10,21	126,92	148,14	10,02	145,33
18	64,4	9,73	10,91	141,11	158,19	9,01	10,50	130,74	152,34	10,30	149,43
19	66,2	10,01	11,21	145,19	162,60	9,28	10,80	134,66	156,63	10,59	153,62
20	68	10,30	11,52	149,37	167,10	9,56	11,10	138,66	161,01	10,89	157,89
21	69,8	10,59	11,84	153,63	171,70	9,84	11,41	142,75	165,47	11,19	162,25
22	71,6	10,89	12,16	157,99	176,38	10,13	11,72	146,93	170,03	11,49	166,70
23	73,4	11,20	12,49	162,45	181,16	10,43	12,04	151,20	174,68	11,81	171,24
24	75,2	11,51	12,83	167,00	186,03	10,73	12,37	155,57	179,42	12,13	175,87
25	77	11,83	13,17	171,64	191,00	11,03	12,70	160,04	184,25	12,45	180,59
26	78,8	12,16	13,52	176,39	196,06	11,35	13,04	164,60	189,19	12,78	185,41
27	80,6	12,50	13,87	181,23	201,22	11,67	13,39	169,26	194,21	13,12	190,33
28	82,4	12,84	14,24	186,18	206,48	12,00	13,74	174,02	199,34	13,47	195,34
29	84,2	13,18	14,61	191,23	211,84	12,33	14,10	178,89	204,57	13,82	200,45
30	86	13,54	14,98	196,38	217,30	12,68	14,47	183,86	209,89	14,18	205,66
31	87,8	13,90	15,37	201,65	222,86	13,03	14,85	188,93	215,32	14,55	210,97
32	89,6	14,27	15,76	207,02	228,52	13,38	15,23	194,11	220,85	14,92	216,38
33	91,4	14,65	16,15	212,50	234,29	13,75	15,62	199,40	226,49	15,30	221,90
34	93,2	15,04	16,56	218,09	240,16	14,12	16,01	204,80	232,23	15,69	227,53
35	95	15,43	16,97	223,80	246,14	14,50	16,41	210,31	238,07	16,08	233,26
36	96,8	15,83	17,39	229,63	252,23	14,89	16,83	215,94	244,03	16,49	239,10
37	98,6	16,24	17,82	235,57	258,43	15,28	17,24	221,68	250,09	16,90	245,05

Richtlinien zur Verwendung von R449A und R452A in neuen und bestehenden gewerblichen Kälteanlagen

38	100,4	16,66	18,25	241,63	264,73	15,69	17,67	227,53	256,27	17,31	251,11
Temperatur		Druck abs									
°C	°F	R452A				R449A				R404A	
		bar _{Tau}	bar _{Bubble}	psi _{Tau}	psi _{Bubble}	bar _{Tau}	bar _{Bubble}	psi _{Tau}	psi _{Bubble}	bar _{Tau}	psi _{Tau}
39	102,2	17,09	18,70	247,82	271,15	16,10	18,10	233,51	262,55	17,74	257,29
40	104	17,52	19,15	254,13	277,68	16,52	18,54	239,61	268,95	18,17	263,58
41	105,8	17,97	19,60	260,56	284,32	16,95	18,99	245,83	275,47	18,62	270,00
42	107,6	18,42	20,07	267,13	291,08	17,39	19,45	252,18	282,09	19,07	276,53
43	109,4	18,88	20,54	273,82	297,95	17,83	19,91	258,65	288,84	19,52	283,18
44	111,2	19,35	21,02	280,65	304,94	18,29	20,39	265,25	295,71	19,99	289,95
45	113	19,83	21,51	287,62	312,04	18,75	20,87	271,98	302,69	20,47	296,85
46	114,8	20,32	22,01	294,72	319,27	19,23	21,36	278,85	309,79	20,95	303,88
47	116,6	20,82	22,52	301,97	326,62	19,71	21,86	285,85	317,02	21,44	311,03
48	118,4	21,33	23,03	309,35	334,08	20,20	22,36	292,98	324,37	21,95	318,32
49	120,2	21,85	23,56	316,89	341,67	20,70	22,88	300,26	331,85	22,46	325,74
50	122	22,38	24,09	324,57	349,39	21,21	23,40	307,67	339,45	22,98	333,29
51	123,8	22,92	24,63	332,40	357,23	21,73	23,94	315,23	347,19	23,51	340,98
52	125,6	23,47	25,18	340,39	365,19	22,27	24,48	322,94	355,05	24,05	348,82
53	127,4	24,03	25,74	348,54	373,28	22,81	25,03	330,79	363,04	24,60	356,79
54	129,2	24,60	26,30	356,84	381,50	23,36	25,59	338,79	371,16	25,16	364,91
55	131	25,19	26,88	365,31	389,85	23,92	26,16	346,95	379,42	25,73	373,18
56	132,8	25,78	27,46	373,95	398,34	24,49	26,74	355,26	387,82	26,31	381,60
57	134,6	26,39	28,06	382,75	406,95	25,08	27,33	363,72	396,35	26,90	390,17
58	136,4	27,01	28,66	391,73	415,70	25,67	27,92	372,35	405,02	27,50	398,90
59	138,2	27,64	29,27	400,89	424,58	26,28	28,53	381,14	413,83	28,12	407,79
60	140	28,28	29,90	410,22	433,59	26,90	29,15	390,09	422,78	28,74	416,83
61	141,8	28,94	30,53	419,74	442,75	27,52	29,78	399,21	431,87	29,37	426,05
62	143,6	29,61	31,17	429,45	452,04	28,17	30,41	408,51	441,11	30,02	435,43
63	145,4	30,29	31,82	439,36	461,47	28,82	31,06	417,97	450,50	30,68	444,98
64	147,2	30,99	32,48	449,45	471,04	29,48	31,72	427,61	460,03	31,35	454,70
65	149	31,70	33,15	459,75	480,76	30,16	32,39	437,43	469,72	32,03	464,61

Directrices de uso de los refrigerantes R449A y R452A en sistemas de refrigeración comercial nuevos o existentes

1. Refrigerantes R449A y R452A: contexto

Tecumseh Products Company no recomienda la adaptación de sistemas de refrigeración existentes que funcionen sin presentar fugas. Si el sistema no presenta fugas de refrigerante a la atmósfera y funciona correctamente, no hay razón para sustituir el refrigerante. Sustituir el refrigerante puede invalidar el certificado de seguridad; consulte con el fabricante del equipo.

Estas directrices tienen por objeto proporcionar información práctica y recomendaciones para el uso de los refrigerantes R449A o R452A en sistemas de refrigeración comerciales de baja, media y alta temperatura nuevos o existentes. Estas recomendaciones son válidas para todos los compresores alternativos y rotativos herméticos Tecumseh (incluidas las unidades condensadoras Tecumseh), a excepción de los equipos pertenecientes a la gama Masterflux®. Los refrigerantes R449A o R452A sólo se deben usar en compresores Tecumseh homologados para los mismos.

Los refrigerantes R449A y R452A no se pueden usar para la sustitución directa de los refrigerantes R404A/R507. La capacidad y la eficiencia varían en cierta medida y existen diferencias que deben tomarse en consideración al manipular, procesar y aplicar refrigerantes, o bien usarlos con fines de adaptación.

A diferencia del R452A, el refrigerante R449A posee temperaturas de descarga superiores a las del R404A (10 a 30 K; 18 a 54 °F), en particular, con bajas temperaturas de evaporación. Deben tomarse precauciones especiales, por tanto, para garantizar el funcionamiento fiable del compresor.

2. Datos ambientales

Los refrigerantes R449A y R452A son mezclas de hidrofluorocarbonos (HFC) comunes y la nueva molécula de hidrofluoro-olefina R1234yf (HFO), con los cambios de composición detallados a continuación.

	R507	R404A	R449A	R452A
R143a	50 %	52 %	0 %	0 %
R32	0 %	0 %	24 %	11 %
R125	50 %	44 %	25 %	59 %
R134a	0 %	4 %	26 %	0 %
R1234yf	0 %	0 %	25 %	30 %

Los refrigerantes R449A y R452A no son inflamables. Ambos han recibido la clasificación de seguridad A1 según las normas ASHRAE 34 y EN 378. La clasificación de seguridad A1 se concede a materiales “no peligrosos”, de acuerdo con la siguiente nomenclatura:

A = baja toxicidad

1 = ausencia de propagación de llamas a 18 °C/64,4 °F, 101300 Pa/14,7 PSI

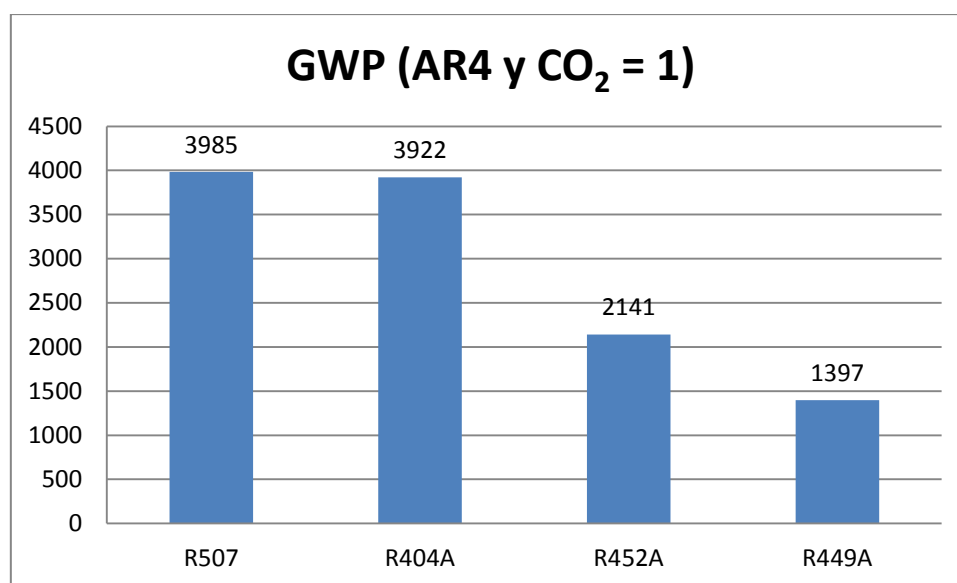
Directrices de uso de los refrigerantes R449A y R452A en sistemas de refrigeración comercial nuevos o existentes

No obstante, dado que los refrigerantes R449A y R452A contienen los componentes R32 y R1234yf, moderadamente inflamables, no deben mezclarse con el aire para realizar pruebas de fugas, ya que la mezcla puede ser combustible.

La siguiente tabla recoge otras propiedades físicas.

Propiedades del refrigerante	R404A	R449A	R452A
Punto de ebullición a 1 bar (°C/°F)	-46,5/-51,7	-46/-50,8	-47/-52,6
Temperatura crítica (°C/°F)	72,1/161,8	80,1/176,2	74,9/166,8
Presión crítica (bar abs/PSIa)	37,3/541	44,1/639,6	40,0/580,2
Densidad en estado líquido a 32 °C/90 °F (kg/m ³)	1010	1061	1093
Densidad en estado gaseoso a -30 °C/-22 °F (kg/m ³)	10,7	7,3	10,1

Los refrigerantes R449A y R452A no contienen cloro, por lo que ambos poseen un potencial de agotamiento del ozono (ODP, por sus siglas en inglés) nulo. Su potencial de calentamiento global (GWP, por sus siglas en inglés) es un 64 % y un 45 %, respectivamente, inferior al del R404A.



3. Propiedades del refrigerante

Rango de temperatura y rendimiento en intercambiadores de calor

El R404A es una mezcla refrigerante cuasiazetrópica, lo cual significa que se condensa y hierve casi a la misma temperatura para una determinada presión (rango de temperatura inferior a 0,5 K).

Por otra parte, los refrigerantes R449A y R452A presentan un rango de temperatura de 1,5 a 5 K (2,7 a 9,0 °F), dependiendo de las condiciones de funcionamiento (consulte la tabla siguiente).

Directrices de uso de los refrigerantes R449A y R452A en sistemas de refrigeración comercial nuevos o existentes

Fluido/T _{rocío}	Rango de temperatura eficaz (K/F)			
	Evaporador			Condensador
	-35 °C/-31 °F	-10 °C/14 °F	0 °C/32 °F	45 °C/113 °F
R404A	0,3/0,54	0,3/0,54	0,4/0,72	0,3/0,54
R449A	3,0/5,4	3,5/6,3	3,8/6,8	4,5/8,1
R452A	1,7/3,1	2,2/4,0	2,5/4,5	3,5/6,3

El rango de temperatura eficaz tiene en cuenta la temperatura real de entrada al evaporador.

Dicha temperatura aumenta durante la fase de evaporación y desciende durante la fase de condensación. La tecnología de intercambiador de calor de caudal invertido que se usa desde hace 10 años es menos sensible a este fenómeno físico que la de caudal paralelo.

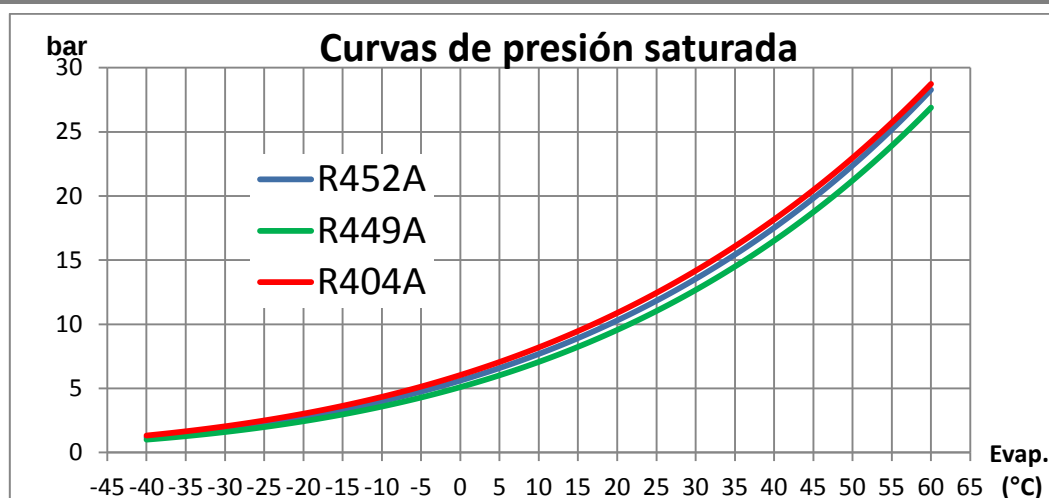
Además, la temperatura promediada durante la fase de evaporación, llamada temperatura “media”, incrementa la diferencia de temperatura (DT) entre los fluidos primario y secundario, en comparación con la temperatura de rocío de referencia.

- Los dos (2) hechos anteriores pueden contrarrestar las posibles pérdidas de capacidad del intercambiador de calor.
- Uno de los riesgos residuales es la acumulación de hielo en el evaporador, que depende del tipo de fluido secundario y el caudal que atraviese los intercambiadores de calor.
 - o El ajuste o restablecimiento de la función de desescarche (frecuencia y duración) y la temperatura pueden reducir el riesgo de acumulación de hielo.

La correspondencia presión-temperatura de los refrigerantes R449A y R452A frente al R404A, incluidos los datos de punto de burbuja y punto de rocío, se muestra en las tablas de las páginas 14 a 16. Para alimentar correctamente el dispositivo de expansión y conseguir así que el evaporador alcance la capacidad esperada, el técnico debe determinar si existe subenfriamiento suficiente en la salida del condensador. La cantidad de subenfriamiento puede determinarse consultando la columna de la temperatura de burbuja. Para determinar la cantidad de recalentamiento, consulte la columna llamada “Temperatura de rocío”.

Las presiones saturadas del refrigerante R452A son marginalmente inferiores a las del R404A; las presiones del R449A son ligeramente inferiores a las del R404A.

Directrices de uso de los refrigerantes R449A y R452A en sistemas de refrigeración comercial nuevos o existentes



Condiciones nominales y rendimientos declarados según la norma de referencia

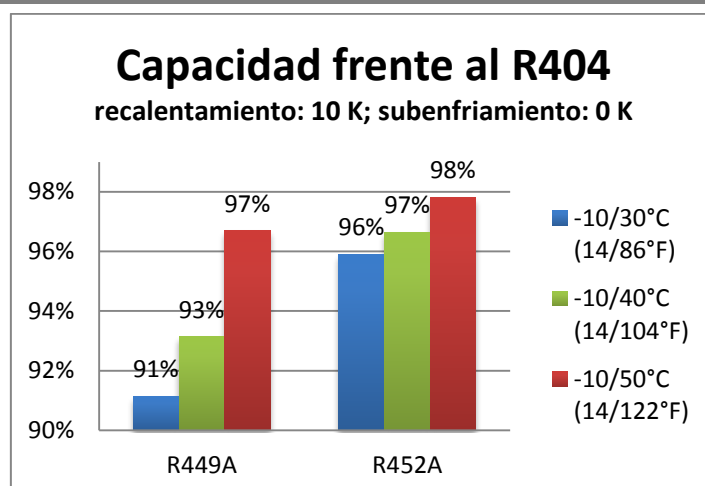
Las normas en materia de compresores emplean las temperaturas de punto de rocío porque permiten relacionar con claridad las presiones y temperaturas. Con fines de análisis, puede emplearse una temperatura promediada para representar el rendimiento real de un sistema o comparar mezclas con refrigerantes puros.

La temperatura de condensación promediada equivale a la media aritmética de las temperaturas de rocío y burbuja, y es muy fácil de calcular. Sin embargo, la temperatura de evaporación promediada equivale a la media entre la temperatura de rocío a la presión de evaporación y la temperatura a la entrada del evaporador, que depende de la presión de condensación y el alcance del subenfriamiento. Consulte las [directrices ASERCOM](#) en materia de rangos si desea obtener más información y conocer un método que permita convertir el punto de rocío en la temperatura de punto medio.

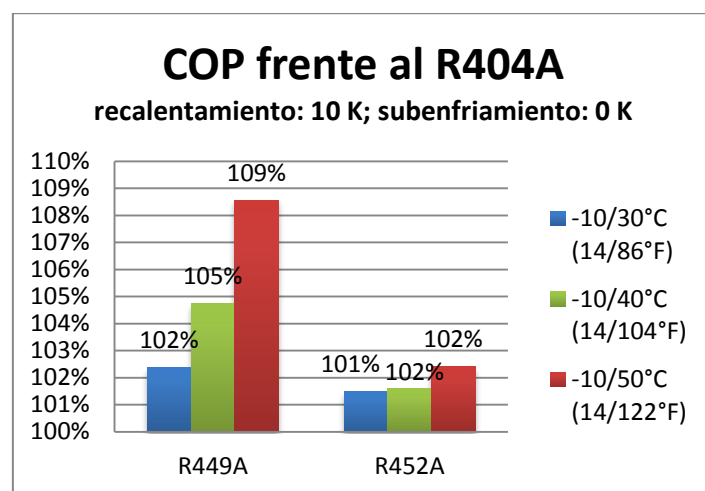
4. Rendimiento a la temperatura media

Las pruebas llevadas a cabo por Tecumseh demuestran los comportamientos de diferentes refrigerantes con distintas presiones de evaporación y condensación. Tales resultados pueden variar ligeramente según la plataforma de compresores.

Directrices de uso de los refrigerantes R449A y R452A en sistemas de refrigeración comercial nuevos o existentes



El R452A ofrece más capacidad que el R449A, especialmente con bajas temperaturas de condensación.

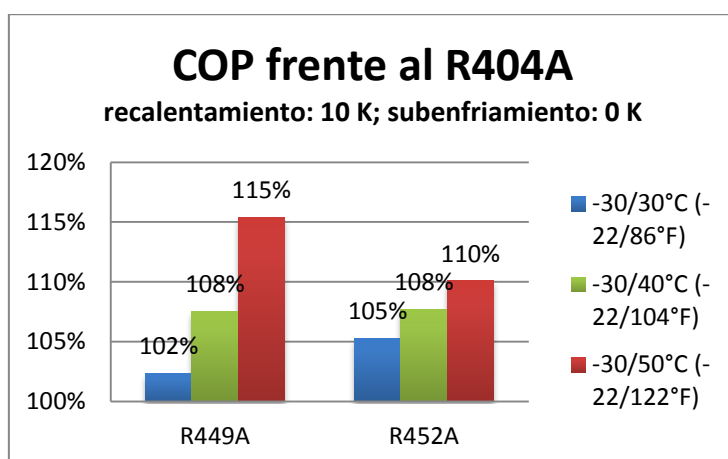
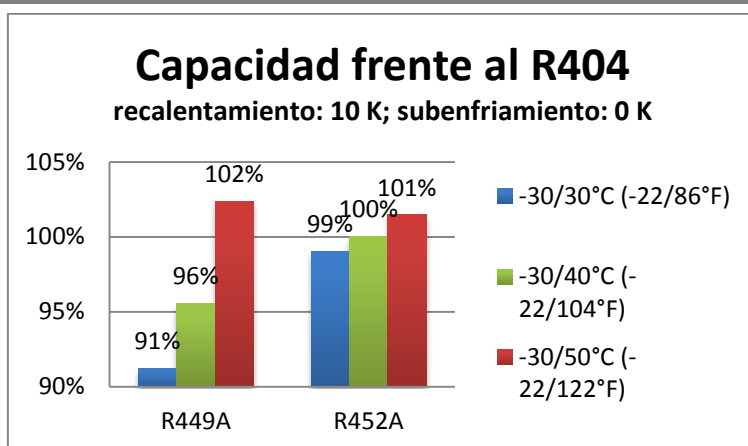


Los refrigerantes R449A y R452A presentan una ganancia de eficiencia frente al R404A, con una ligera ventaja del R449A. Esto resulta particularmente cierto a grandes temperaturas de evaporación y condensación.

5. Rendimiento a baja temperatura

Los siguientes resultados pueden variar ligeramente dependiendo de la plataforma de compresores.

Directrices de uso de los refrigerantes R449A y R452A en sistemas de refrigeración comercial nuevos o existentes



6. Fiabilidad del compresor

Compatibilidad

Se han llevado a cabo numerosas pruebas destinadas a determinar la compatibilidad de los refrigerantes R452A y R449A con lubricantes como el polioléster (POE) y el éter polivinílico (PVE), ya homologados por Tecumseh, así como con los materiales que integran los compresores y unidades condensadoras Tecumseh para R404A. Póngase en contacto con su representante comercial de Tecumseh para más información sobre la lista de aceites homologados más reciente.

Estabilidad química

Directrices de uso de los refrigerantes R449A y R452A en sistemas de refrigeración comercial nuevos o existentes

Las pruebas de estabilidad indican que las moléculas de los refrigerantes R449A y R452A, caracterizadas por su bajo GWP, tienden a descomponerse con más facilidad que las del R404A en presencia de aire y, aún más, en presencia de agua.

Al descomponerse, los refrigerantes generan iones de flúor y ácidos orgánicos, dando lugar a la degradación del aceite POE (no tanto en el caso del PVE), la corrosión de las válvulas de expansión, la obstrucción de los tubos capilares y el deterioro de las piezas deslizantes.

Humedad

La estabilidad química del aceite refrigerante requiere un contenido extremadamente bajo de humedad en el sistema. Si este requisito no se cumple, pueden formarse residuos por descomposición.

- Los aceites POE y PVE son 100 veces más higroscópicos (capaces de absorber la humedad) que los aceites minerales. La humedad es difícil de eliminar del aceite, incluso aplicando calor y/o vacío al sistema.
- **Debe prestarse la máxima atención para evitar que la humedad penetre en el sistema de refrigeración.** No deje el compresor o sistema abierto a la atmósfera durante más de 10 minutos como máximo. El método de ensamblaje preferido consiste en quitar los tapones y tapas de los componentes del sistema justo antes de soldar. El contenido máximo de humedad del sistema una vez completado el procesamiento del mismo debe ser de 80 PPM. Tras hacer funcionar el sistema con el filtro secador apropiado instalado, el nivel de humedad del sistema debe ser inferior o igual a 50 PPM. Estos niveles se basan en medidas de humedad en muestras de líquido refrigerante tomadas del sistema.
- **Póngase en contacto con el fabricante del filtro secador** si desea obtener información acerca de la selección de un filtro secador apropiado.

Si tiene alguna duda en relación con el lubricante o las pruebas demuestran que está contaminado o posee un alto contenido de ácido, deberá cambiarlo. El aceite debe volver a comprobarse una vez transcurridos seis (6) meses desde la adaptación.

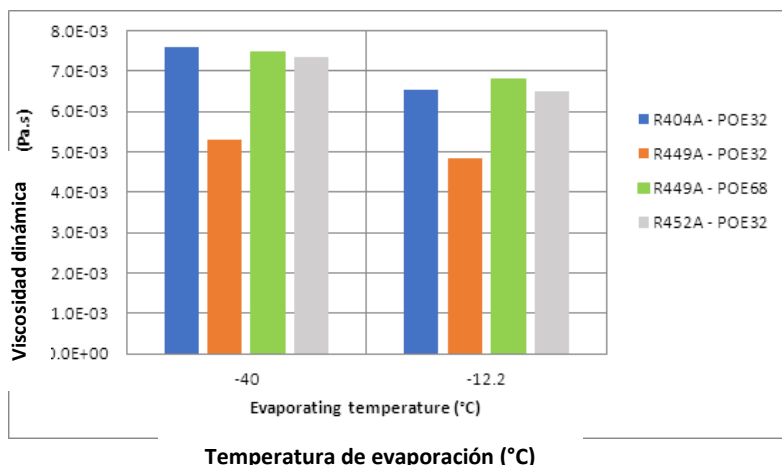
Viscosidad

Dada la viscosidad dinámica del aceite POE32/la mezcla R452A, similar a la del R404A, el espesor mínimo de la película de aceite (MOFT, por sus siglas en inglés) esperado con el R452A es muy cercano o incluso superior al que se obtiene con el R404A, lo cual impide el deterioro y las averías.

La mayor temperatura de trabajo del R449A reduce la viscosidad del aceite y, en consecuencia, el MOFT, por lo que Tecumseh aconseja sustituir el grado de viscosidad del lubricante estándar, de 32 cSt, por un grado de viscosidad de 68 cSt en casos de funcionamiento constante con altas temperaturas de condensación. Al hacerlo, el MOFT crece hasta niveles similares a los del R404A.

Directrices de uso de los refrigerantes R449A y R452A en sistemas de refrigeración comercial nuevos o existentes

Viscosidad refrigerante/aceite



dinámica del

Los fabricantes de lubricante están valorando los efectos de sustituir el R404A en los lubricantes actuales para determinar si existen oportunidades de mejorar la solubilidad y la eficiencia energética; en este sentido, es posible que logren desarrollar lubricantes optimizados. Tecumseh sigue comprobando la compatibilidad de sus compresores con diferentes aceites, refrigerantes y materiales.

Estabilidad térmica

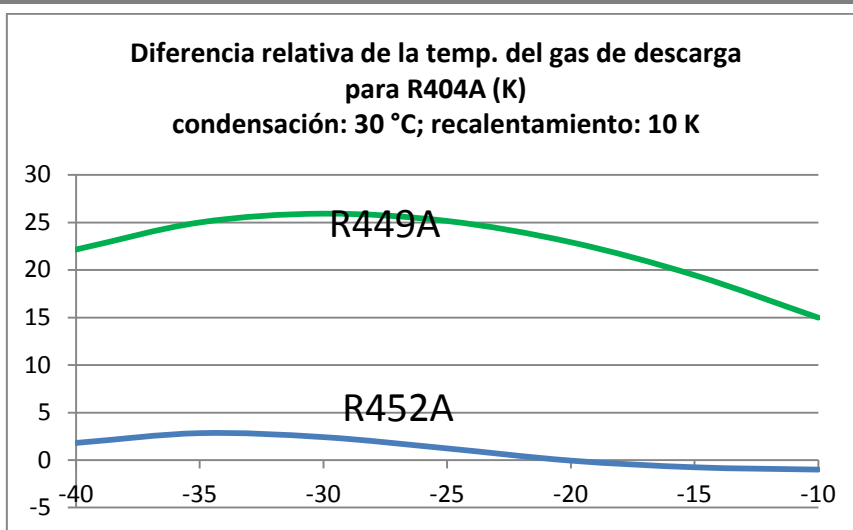
La exposición de los lubricantes a temperaturas elevadas durante períodos de tiempo prolongados puede dar lugar a la formación de productos por descomposición. Dicha descomposición se acelera en presencia de contaminantes como el aire o el agua. El proceso tiene lugar en menos tiempo si la temperatura aumenta varias decenas de grados K. Conforme el sistema se aproxima a la línea correspondiente, aumentan las posibilidades de carbonización (el lubricante sobrecalentado se carboniza en la placa de la válvula del compresor, causando fugas en la válvula y elevando aún más la temperatura). En último término, la separación del aceite y los depósitos carbonizados causa una pérdida de lubricación y da lugar al contacto entre las superficies metálicas, lo cual provoca la solidificación del mecanismo de bombeo del compresor.

En cuanto al refrigerante **R452A**, el alto porcentaje de R125 reduce la temperatura de descarga a los niveles del R404A. Como resultado, el R452A se puede usar casi como sustituto directo del R404A en aplicaciones de media y baja temperatura. El R452A resulta particularmente apropiado para:

- Aplicaciones de refrigeración que funcionan a muy diversas temperaturas ambiente
- Aplicaciones de baja temperatura en las que no es posible limitar el recalentamiento o la temperatura de condensación
- Aplicaciones de refrigeración estáticas
- Aplicaciones que requieren un intercambiador de calor entre las líneas de líquido y aspiración; el R452A posee un flujo másico similar al del R404A y las ventajas de una entalpía de recalentamiento relativamente elevada

El **R449A** posee un exponente isoentrópico superior por su alto contenido porcentual de refrigerante R32; además, en las mismas condiciones de funcionamiento que el R404A, las temperaturas del gas de descarga y el motor aumentan entre 15 K y 30 K (27 °F a 54 °F), particularmente con bajas temperaturas de evaporación.

Directrices de uso de los refrigerantes R449A y R452A en sistemas de refrigeración comercial nuevos o existentes



La diferencia de temperatura entre la línea de descarga y la placa de la válvula del compresor con el R449A puede ser superior a 55 K (100 °F).

NOTA: Deben ponerse en práctica una o más de las recomendaciones descritas a continuación para mantener las temperaturas de descarga del compresor dentro de los límites de funcionamiento.

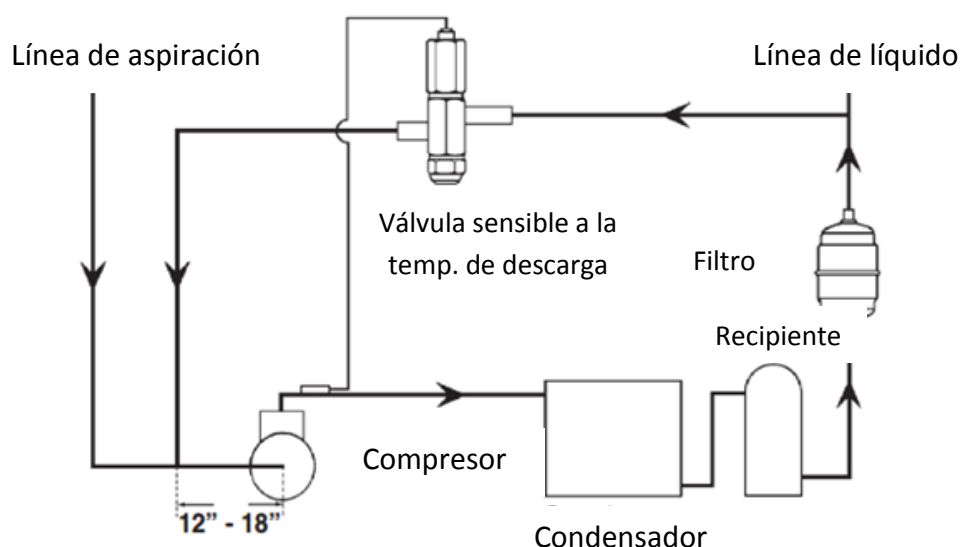
Refrigeración del compresor

Tecumseh exige que el gas de descarga se mantenga a una temperatura inferior a 125 °C (257 °F) para compresores de varios cilindros y 120 °C (248 °F) para compresores de un cilindro, con una temperatura de evaporación equivalente o inferior a -30 °C (-22 °F).

- Independientemente de la aplicación, se recomienda encarecidamente proporcionar refrigeración suficiente al compresor mediante ventiladores, especialmente a bajas temperaturas de funcionamiento.
- Notas específicas en relación con el refrigerante R449A:
 - o NO aisle el compresor con una manta acústica y/u otros materiales; ello puede causar un aumento de la temperatura de descarga.
 - o Limite el recalentamiento del gas de retorno a un máximo de 10 K/18 °F en la entrada de aspiración del compresor LBP.
 - o NO use intercambiadores de calor de líquido/vapor (comúnmente conocidos como “desuperheater”); ello puede causar un aumento de la temperatura de descarga.
 - o Para evitar problemas de obstrucción, no deben emplearse tubos capilares con compresores LBP. Tecumseh recomienda encarecidamente el uso de una válvula de expansión termostática.
- Debe prestarse especial atención a las aplicaciones que incorporen una válvula de *bypass* de gas caliente o una válvula de presión de evaporación constante (como sucede en el caso de los secadores de aire refrigerados y los evaporadores múltiples alimentados por una misma unidad de condensación).
- Seleccione un refrigerante que permita mantener la temperatura del gas de descarga por debajo de 120 °C (248 °F).

Directrices de uso de los refrigerantes R449A y R452A en sistemas de refrigeración comercial nuevos o existentes

- La bobina del condensador debe inspeccionarse y limpiarse periódicamente para mantener las temperaturas de funcionamiento del compresor dentro de las especificaciones publicadas.
- La temperatura del gas de descarga del compresor debe medirse antes de sustituir el refrigerante de un sistema para comprobar si la diferencia de temperatura medida con el nuevo refrigerante es realista.
- Si el recalentamiento no se puede mantener a menos de 10 K/18 °F (por ejemplo, usando unidades de condensación remotas), deberá emplearse una válvula de expansión sensible a la temperatura (por ejemplo, modelo Parker TREV Y1037) que monitoree la temperatura de descarga a través de un bulbo sensor. Inyectar una mezcla de líquido saturado y vapor en la línea de aspiración reduce la temperatura del vapor de aspiración recalentado y, a la vez, reduce las temperaturas de descarga excesivas. Consulte con el fabricante del dispositivo de expansión si desea obtener información sobre el dimensionamiento correcto de la válvula, los lugares de instalación y los ajustes de temperatura. NOTA: Si el líquido refrigerante penetra en el compresor, puede dañar los cojinetes del equipo.



Puede instalarse un acumulador de línea de aspiración del tamaño adecuado junto al compresor, en conjunto con la válvula TREV.

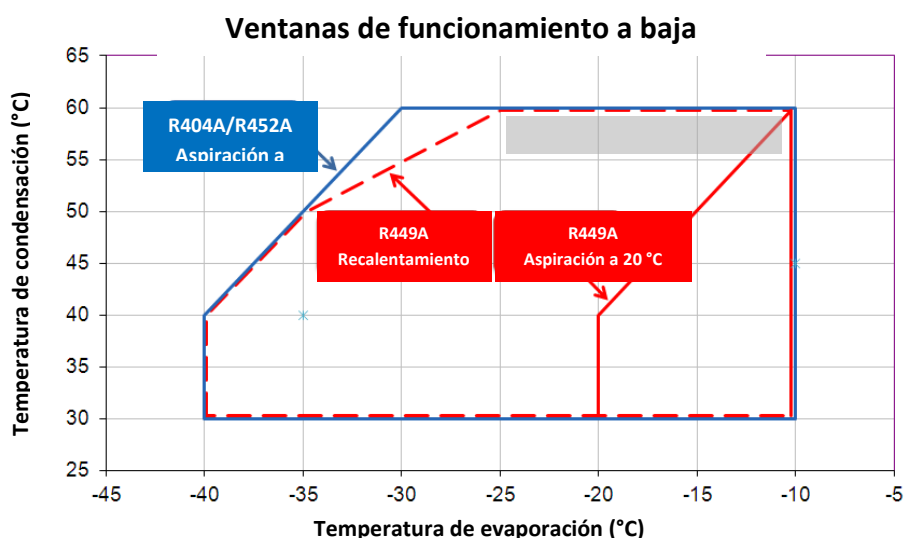
Ventana de funcionamiento del compresor

Las ventanas de funcionamiento indicadas a continuación sólo representan directrices y deben ajustarse en función del modelo de compresor en cuestión y el diseño general del sistema de refrigeración. En términos generales, al limitar el recalentamiento a una temperatura máxima de 10 K (18 °F), la ventana de funcionamiento definida para el R404A en sistemas de baja temperatura se puede trasladar completamente o en su mayor parte a los refrigerantes R449A y R452A.

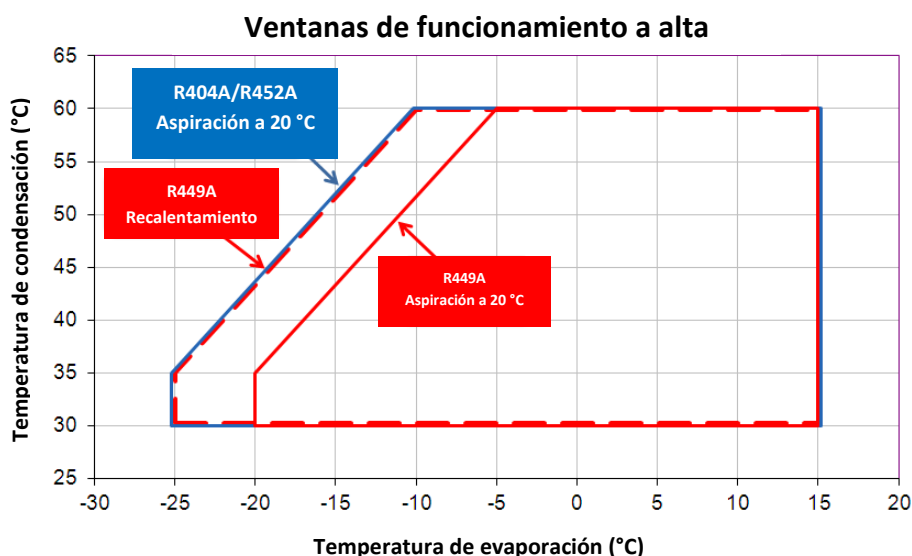
Consulte la sección “Refrigeración del compresor” en la página 9 y siga los pasos descritos para mantener las temperaturas de descarga dentro de los límites de funcionamiento. Tecumseh exige el registro de la temperatura del gas de descarga del compresor, así como la puesta en práctica de las medidas necesarias para mantenerla por debajo de 125 °C (257 °F) para compresores de

Directrices de uso de los refrigerantes R449A y R452A en sistemas de refrigeración comercial nuevos o existentes

varios cilindros y 120 °C (248 °F) para compresores de un cilindro, con una temperatura de evaporación equivalente o inferior a -30 °C (-22 °F).



En aquellos casos en los que un sistema de refrigeración equipado con un compresor alternativo funcione en condiciones estables en el área sombreada de la ventana de funcionamiento anterior, Tecumseh aconseja sustituir el aceite POE de 32 cSt por otro con un grado de viscosidad de 68 cSt.



7. Lado de aplicación

Carga de refrigerante

Las mezclas refrigerantes R452A y R449A son azeotrópicas y deben cargarse en estado líquido. La botella de refrigerante debe equiparse con un tubo sumergido para eliminar la necesidad de darle la vuelta.

Se recomienda también el uso de una báscula al cargar el sistema. La primera carga de refrigerante debe realizarse a través del tanque del recipiente o mediante la línea de líquido.

Directrices de uso de los refrigerantes R449A y R452A en sistemas de refrigeración comercial nuevos o existentes

Tecumseh recomienda el uso de un sistema de carga de refrigerante equipado con un visor que permita ver el paso del líquido refrigerante por la línea.

- No cargue líquido por la línea de aspiración para evitar dañar el compresor.
- Los refrigerantes R452A y R449A no deben mezclarse con otros refrigerantes.
- Se recomienda precargar la instalación depositando un 80 % del volumen inicial en el recipiente de líquido.
- La masa final de los refrigerantes R452A y R449A será entre un 5 % y un 10 % superior en comparación con el R404A.

Densidad del líquido (sólo como referencia)

Temperatura	R404A	R449A	R452A	R449A/R404A-1	R452A/R404A-1
°C/°F	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	%	
-20/-4	1223,1	1265,4	1318,2	3,5 %	7,8 %
-10/14	1188,0	1232,3	1280,8	3,7 %	7,8 %
40/104	966,1	1019,8	1047,2	5,6 %	8,4 %
60/140	815,8	893,7	896,9	9,5 %	9,9 %

Consulte las presiones saturadas del punto de rocío para medir el recalentamiento y las presiones saturadas del punto de burbuja para medir el subenfriamiento.

Ajuste del dispositivo de expansión

No use un tubo capilar como dispositivo de expansión con R449A.

Con R452A, puede emplearse un tubo capilar para compresores de media y alta contrapresión.

El R452A posee un caudal másico similar al del R404A, por lo que puede mantenerse el ajuste de la válvula de expansión termostática (TXV) con mínimas variaciones.

El R449A posee un caudal másico inferior (entre un -20 % y un -25 %) al del R404A. En combinación con las diferencias en el rango de temperatura y la capacidad, lo anterior exige la instalación de un nuevo dispositivo de expansión del tamaño adecuado. Consulte con el fabricante del dispositivo de expansión si desea obtener información sobre el dimensionamiento correcto de las válvulas y los ajustes de recalentamiento.

Desvío de la presión de condensación esperado tras la adaptación

Las temperaturas de condensación saturadas esperadas serán inferiores a 2 K (3,6 °F) para los refrigerantes R449A y R452A en comparación con el R404A a presiones de evaporación de punto medio comparables.

Ajuste del control de presión

Las presiones saturadas del R449A y el R452A son ligeramente inferiores a las del R404A. Por tanto, el ajuste del control de baja y alta presión debe IMPEDIR que las presiones de funcionamiento del sistema superen la ventana de funcionamiento del compresor (consulte la página 11). La presión de descarga saturada máxima permitida es equivalente a 60 °C (140 °F). Consulte la tabla de presiones.

Directrices de uso de los refrigerantes R449A y R452A en sistemas de refrigeración comercial nuevos o existentes

Comparativa de relaciones de compresión en condiciones nominales de punto de rocío

Evap. (°C/°F)	Cond. (°C/°F)	R404A	R452A	R449A
-35/-31	40/104	11,0	11,8	12,9
-25/-13	45/113	8,2	8,8	9,4
-10/14	45/113	4,7	5,0	5,2
5/41	55/131	3,6	3,8	4,0
15/59	60/140	3,0	3,2	3,3

Nivel de presión sonora esperado

La variación de la presión acústica generada por compresores con R449A y R452A no debe ser superior a

+/-2 dBA en comparación con el R404A.

Directrices de uso de los refrigerantes R449A y R452A en sistemas de refrigeración comercial nuevos o existentes

Presión/temperatura

Temperatura		Presión abs									
°C	°F	R452A				R449A				R404A	
		bar _{rocío}	bar _{burbuja}	psi _{rocío}	psi _{burbuja}	bar _{rocío}	bar _{burbuja}	psi _{rocío}	psi _{burbuja}	bar _{rocío}	psi _{rocío}
-45	-49	0,93	1,12	13,47	16,20	0,78	1,06	11,36	15,35	1,05	15,25
-44	-47,2	0,98	1,17	14,15	16,98	0,82	1,11	11,96	16,10	1,10	15,99
-43	-45,4	1,02	1,23	14,85	17,80	0,87	1,16	12,58	16,88	1,16	16,76
-42	-43,6	1,07	1,29	15,57	18,65	0,91	1,22	13,22	17,68	1,21	17,56
-41	-41,8	1,13	1,35	16,33	19,52	0,96	1,28	13,90	18,52	1,27	18,39
-40	-40	1,18	1,41	17,11	20,43	1,01	1,34	14,59	19,39	1,33	19,25
-39	-38,2	1,24	1,47	17,93	21,38	1,06	1,40	15,32	20,29	1,39	20,14
-38	-36,4	1,29	1,54	18,77	22,35	1,11	1,46	16,08	21,22	1,45	21,06
-37	-34,6	1,35	1,61	19,64	23,36	1,16	1,53	16,86	22,18	1,52	22,01
-36	-32,8	1,42	1,68	20,55	24,41	1,22	1,60	17,67	23,18	1,59	23,00
-35	-31	1,48	1,76	21,49	25,49	1,28	1,67	18,52	24,22	1,66	24,02
-34	-29,2	1,55	1,83	22,46	26,61	1,34	1,74	19,39	25,29	1,73	25,07
-33	-27,4	1,62	1,91	23,46	27,76	1,40	1,82	20,30	26,39	1,80	26,16
-32	-25,6	1,69	2,00	24,50	28,96	1,46	1,90	21,24	27,53	1,88	27,29
-31	-23,8	1,76	2,08	25,58	30,19	1,53	1,98	22,21	28,72	1,96	28,45
-30	-22	1,84	2,17	26,69	31,47	1,60	2,06	23,22	29,94	2,04	29,66
-29	-20,2	1,92	2,26	27,84	32,78	1,67	2,15	24,26	31,20	2,13	30,90
-28	-18,4	2,00	2,35	29,03	34,14	1,75	2,24	25,34	32,50	2,22	32,18
-27	-16,6	2,09	2,45	30,25	35,54	1,82	2,33	26,46	33,84	2,31	33,50
-26	-14,8	2,17	2,55	31,52	36,98	1,90	2,43	27,62	35,22	2,40	34,86
-25	-13	2,26	2,65	32,83	38,47	1,99	2,53	28,81	36,65	2,50	36,27
-24	-11,2	2,36	2,76	34,17	40,00	2,07	2,63	30,04	38,12	2,60	37,71
-23	-9,4	2,45	2,87	35,56	41,58	2,16	2,73	31,32	39,64	2,70	39,21
-22	-7,6	2,55	2,98	37,00	43,21	2,25	2,84	32,63	41,20	2,81	40,74
-21	-5,8	2,65	3,09	38,48	44,89	2,34	2,95	33,99	42,81	2,92	42,32
-20	-4	2,76	3,21	40,00	46,61	2,44	3,07	35,39	44,47	3,03	43,95
-19	-2,2	2,87	3,34	41,57	48,39	2,54	3,18	36,83	46,17	3,15	45,63
-18	-0,4	2,98	3,46	43,18	50,21	2,64	3,30	38,33	47,93	3,26	47,35
-17	1,4	3,09	3,59	44,85	52,09	2,75	3,43	39,86	49,73	3,39	49,12
-16	3,2	3,21	3,72	46,56	54,02	2,86	3,56	41,45	51,59	3,51	50,94
-15	5	3,33	3,86	48,32	56,01	2,97	3,69	43,08	53,50	3,64	52,82
-14	6,8	3,46	4,00	50,13	58,05	3,09	3,82	44,76	55,46	3,77	54,74
-13	8,6	3,59	4,15	52,00	60,14	3,21	3,96	46,49	57,48	3,91	56,72
-12	10,4	3,72	4,30	53,92	62,29	3,33	4,11	48,27	59,55	4,05	58,75
-11	12,2	3,85	4,45	55,89	64,50	3,45	4,25	50,10	61,68	4,19	60,84
-10	14	3,99	4,60	57,91	66,77	3,58	4,40	51,99	63,86	4,34	62,98
-9	15,8	4,14	4,76	59,99	69,10	3,72	4,56	53,93	66,11	4,49	65,18
-8	17,6	4,28	4,93	62,13	71,49	3,86	4,72	55,92	68,41	4,65	67,43
-7	19,4	4,44	5,10	64,33	73,94	4,00	4,88	57,97	70,77	4,81	69,75
-6	21,2	4,59	5,27	66,58	76,45	4,14	5,05	60,08	73,20	4,97	72,12
-5	23	4,75	5,45	68,89	79,03	4,29	5,22	62,25	75,68	5,14	74,55

Directrices de uso de los refrigerantes R449A y R452A en sistemas de refrigeración comercial nuevos o existentes

Temperatura		Presión abs									
°C	°F	R452A				R449A				R404A	
		bar _{rocío}	bar _{burbuja}	psi _{rocío}	psi _{burbuja}	bar _{rocío}	bar _{burbuja}	psi _{rocío}	psi _{burbuja}	bar _{rocío}	psi _{rocío}
-4	24,8	4,91	5,63	71,27	81,67	4,45	5,39	64,48	78,23	5,31	77,05
-3	26,6	5,08	5,82	73,70	84,38	4,60	5,57	66,76	80,84	5,49	79,60
-2	28,4	5,25	6,01	76,20	87,15	4,76	5,76	69,11	83,52	5,67	82,22
-1	30,2	5,43	6,20	78,76	89,99	4,93	5,95	71,52	86,27	5,85	84,91
0	32	5,61	6,41	81,39	92,90	5,10	6,14	73,99	89,08	6,04	87,65
1	33,8	5,80	6,61	84,08	95,88	5,28	6,34	76,53	91,96	6,24	90,47
2	35,6	5,99	6,82	86,85	98,93	5,46	6,54	79,14	94,90	6,44	93,35
3	37,4	6,18	7,04	89,67	102,05	5,64	6,75	81,81	97,92	6,64	96,30
4	39,2	6,38	7,26	92,57	105,24	5,83	6,96	84,55	101,01	6,85	99,32
5	41	6,59	7,48	95,54	108,51	6,02	7,18	87,35	104,17	7,06	102,41
6	42,8	6,80	7,71	98,58	111,86	6,22	7,41	90,23	107,41	7,28	105,57
7	44,6	7,01	7,95	101,70	115,27	6,42	7,63	93,19	110,72	7,50	108,80
8	46,4	7,23	8,19	104,88	118,77	6,63	7,87	96,21	114,10	7,73	112,11
9	48,2	7,46	8,44	108,15	122,34	6,85	8,11	99,31	117,57	7,96	115,49
10	50	7,69	8,69	111,49	126,00	7,07	8,35	102,48	121,11	8,20	118,94
11	51,8	7,92	8,94	114,90	129,73	7,29	8,60	105,73	124,72	8,44	122,47
12	53,6	8,16	9,21	118,40	133,54	7,52	8,85	109,06	128,42	8,69	126,08
13	55,4	8,41	9,48	121,97	137,44	7,75	9,11	112,47	132,20	8,95	129,77
14	57,2	8,66	9,75	125,63	141,42	8,00	9,38	115,96	136,06	9,21	133,54
15	59	8,92	10,03	129,37	145,48	8,24	9,65	119,53	140,00	9,47	137,39
16	60,8	9,18	10,32	133,20	149,63	8,49	9,93	123,18	144,03	9,74	141,32
17	62,6	9,45	10,61	137,11	153,87	8,75	10,21	126,92	148,14	10,02	145,33
18	64,4	9,73	10,91	141,11	158,19	9,01	10,50	130,74	152,34	10,30	149,43
19	66,2	10,01	11,21	145,19	162,60	9,28	10,80	134,66	156,63	10,59	153,62
20	68	10,30	11,52	149,37	167,10	9,56	11,10	138,66	161,01	10,89	157,89
21	69,8	10,59	11,84	153,63	171,70	9,84	11,41	142,75	165,47	11,19	162,25
22	71,6	10,89	12,16	157,99	176,38	10,13	11,72	146,93	170,03	11,49	166,70
23	73,4	11,20	12,49	162,45	181,16	10,43	12,04	151,20	174,68	11,81	171,24
24	75,2	11,51	12,83	167,00	186,03	10,73	12,37	155,57	179,42	12,13	175,87
25	77	11,83	13,17	171,64	191,00	11,03	12,70	160,04	184,25	12,45	180,59
26	78,8	12,16	13,52	176,39	196,06	11,35	13,04	164,60	189,19	12,78	185,41
27	80,6	12,50	13,87	181,23	201,22	11,67	13,39	169,26	194,21	13,12	190,33
28	82,4	12,84	14,24	186,18	206,48	12,00	13,74	174,02	199,34	13,47	195,34
29	84,2	13,18	14,61	191,23	211,84	12,33	14,10	178,89	204,57	13,82	200,45
30	86	13,54	14,98	196,38	217,30	12,68	14,47	183,86	209,89	14,18	205,66
31	87,8	13,90	15,37	201,65	222,86	13,03	14,85	188,93	215,32	14,55	210,97
32	89,6	14,27	15,76	207,02	228,52	13,38	15,23	194,11	220,85	14,92	216,38
33	91,4	14,65	16,15	212,50	234,29	13,75	15,62	199,40	226,49	15,30	221,90
34	93,2	15,04	16,56	218,09	240,16	14,12	16,01	204,80	232,23	15,69	227,53
35	95	15,43	16,97	223,80	246,14	14,50	16,41	210,31	238,07	16,08	233,26
36	96,8	15,83	17,39	229,63	252,23	14,89	16,83	215,94	244,03	16,49	239,10
37	98,6	16,24	17,82	235,57	258,43	15,28	17,24	221,68	250,09	16,90	245,05
38	100,4	16,66	18,25	241,63	264,73	15,69	17,67	227,53	256,27	17,31	251,11

Directrices de uso de los refrigerantes R449A y R452A en sistemas de refrigeración comercial nuevos o existentes

Temperatura		Presión abs									
°C	°F	R452A				R449A				R404A	
		bar _{rocío}	bar _{burbuja}	psi _{rocío}	psi _{burbuja}	bar _{rocío}	bar _{burbuja}	psi _{rocío}	psi _{burbuja}	bar _{rocío}	psi _{rocío}
39	102,2	17,09	18,70	247,82	271,15	16,10	18,10	233,51	262,55	17,74	257,29
40	104	17,52	19,15	254,13	277,68	16,52	18,54	239,61	268,95	18,17	263,58
41	105,8	17,97	19,60	260,56	284,32	16,95	18,99	245,83	275,47	18,62	270,00
42	107,6	18,42	20,07	267,13	291,08	17,39	19,45	252,18	282,09	19,07	276,53
43	109,4	18,88	20,54	273,82	297,95	17,83	19,91	258,65	288,84	19,52	283,18
44	111,2	19,35	21,02	280,65	304,94	18,29	20,39	265,25	295,71	19,99	289,95
45	113	19,83	21,51	287,62	312,04	18,75	20,87	271,98	302,69	20,47	296,85
46	114,8	20,32	22,01	294,72	319,27	19,23	21,36	278,85	309,79	20,95	303,88
47	116,6	20,82	22,52	301,97	326,62	19,71	21,86	285,85	317,02	21,44	311,03
48	118,4	21,33	23,03	309,35	334,08	20,20	22,36	292,98	324,37	21,95	318,32
49	120,2	21,85	23,56	316,89	341,67	20,70	22,88	300,26	331,85	22,46	325,74
50	122	22,38	24,09	324,57	349,39	21,21	23,40	307,67	339,45	22,98	333,29
51	123,8	22,92	24,63	332,40	357,23	21,73	23,94	315,23	347,19	23,51	340,98
52	125,6	23,47	25,18	340,39	365,19	22,27	24,48	322,94	355,05	24,05	348,82
53	127,4	24,03	25,74	348,54	373,28	22,81	25,03	330,79	363,04	24,60	356,79
54	129,2	24,60	26,30	356,84	381,50	23,36	25,59	338,79	371,16	25,16	364,91
55	131	25,19	26,88	365,31	389,85	23,92	26,16	346,95	379,42	25,73	373,18
56	132,8	25,78	27,46	373,95	398,34	24,49	26,74	355,26	387,82	26,31	381,60
57	134,6	26,39	28,06	382,75	406,95	25,08	27,33	363,72	396,35	26,90	390,17
58	136,4	27,01	28,66	391,73	415,70	25,67	27,92	372,35	405,02	27,50	398,90
59	138,2	27,64	29,27	400,89	424,58	26,28	28,53	381,14	413,83	28,12	407,79
60	140	28,28	29,90	410,22	433,59	26,90	29,15	390,09	422,78	28,74	416,83
61	141,8	28,94	30,53	419,74	442,75	27,52	29,78	399,21	431,87	29,37	426,05
62	143,6	29,61	31,17	429,45	452,04	28,17	30,41	408,51	441,11	30,02	435,43
63	145,4	30,29	31,82	439,36	461,47	28,82	31,06	417,97	450,50	30,68	444,98
64	147,2	30,99	32,48	449,45	471,04	29,48	31,72	427,61	460,03	31,35	454,70
65	149	31,70	33,15	459,75	480,76	30,16	32,39	437,43	469,72	32,03	464,61



NORTH AMERICA
5 683 Hines Drive
Ann Arbor, MI 48108
USA
Tel +1 734 585 9500
Fax +1 734 352 3700

EUROPE
2, Avenue Blaise Pascal
38090 Vaulx Milieu
FRANCE
Tel +33 4 74 82 24 00
Fax +33 4 74 82 24 44
sales&marketing@tecumseh.
com

MALAYSIA
No. 18, Jalan Sultan Mohamed 4,
Selat Klang Utara,
42000 Port Klang,
Selangor Darul Ehsan
MALAYSIA
Tel +60 3 3176 3886
Fax +60 3 3176 3890

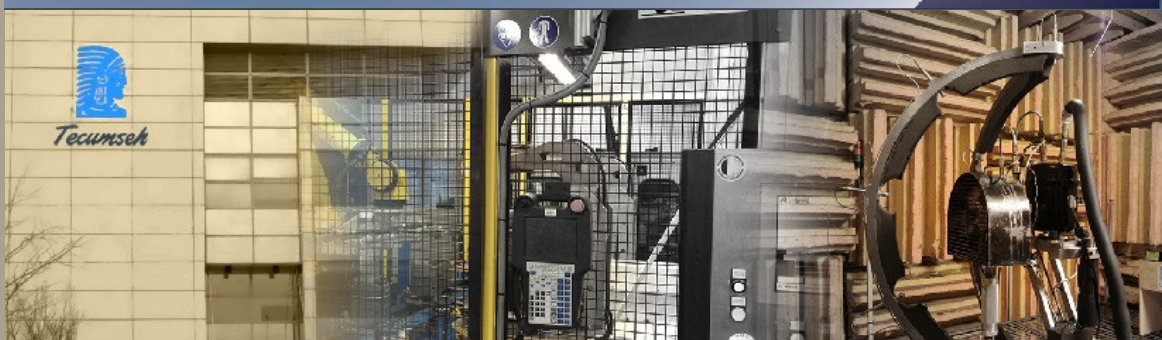
BRAZIL
Rua Ray Wesley Herrick,
700 São Carlos SP, 13565-090
BRAZIL
Tel +55 16 3362 3000
Fax +55 16 3363 7219

INDIA
Balanagar Industrial Township,
Hyderabad, 500 037
INDIA
Tel +91 40 30116993/94

CHINA
Tecumseh Compressor
(Guangzhou) Co., Ltd.
Room 634, Wuzi Building,
201 Guangbao Avenue,
Guangzhou Free Trade Zone,
CHINA
Code: 510730
Tel +86 20 8221 8072
Fax +86 20 8205 7456



Guidelines for using R449A and R452A
-EN-06/2016



Cooling for a Better Tomorrow

www.tecumseh.com

TG-001-USA-06/16

Tecumseh reserves the right to change information contained in this document without notification.
© 2016 Tecumseh Products Company. All rights reserved.