



UC | Chile

Termodinámica (FIS1523)

Diagramas de fase y tablas

Felipe Isaule
felipe.isaule@uc.cl

Lunes 7 de Abril de 2025

Resumen clase anterior

- Definimos las **sustancias puras**.
- Revisamos las **fases de la materia** y los **cambios de fase**.
- Vimos que **durante un cambio de fase la temperatura se mantiene constante**.

Clase 10: Diagramas de fase y tablas

- Diagramas de propiedades.
- Tablas termodinámicas.

- Bibliografía recomendada:
 - Cengel (3.4, 3.5).

Clase 10: Diagramas de fase y tablas

- **Diagramas de propiedades.**
- Tablas termodinámicas.

Diagramas para cambios de fase

- Si bien la temperatura se mantiene constante **durante un cambio de fase, otras propiedades sí cambian.**
- Además, la **temperatura** en que ocurre un **cambio de fase depende de otras propiedades** termodinámicas.
- Por esto, para **visualizar** estos comportamientos es conveniente examinar **diagramas de propiedades.**

Diagrama $T-\nu$

- En un **diagrama $T-\nu$** se grafica la **temperatura T** en función del **volumen específico $\nu = \rho^{-1}$** .
- Ya vimos un diagrama $T-\nu$ en la clase pasada.

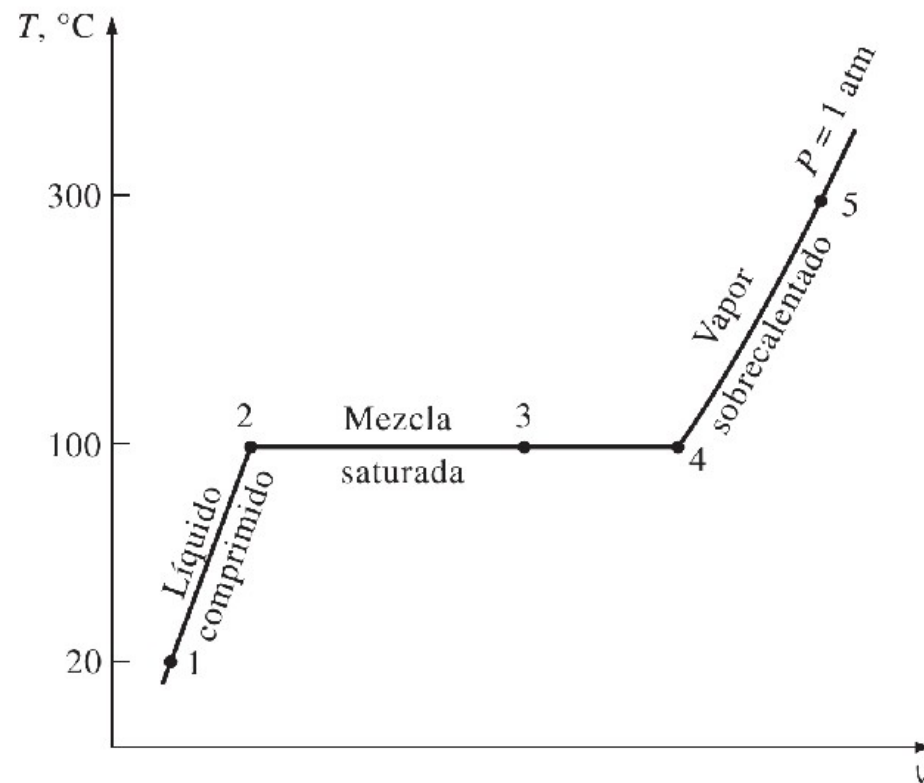


Diagrama $T-\nu$

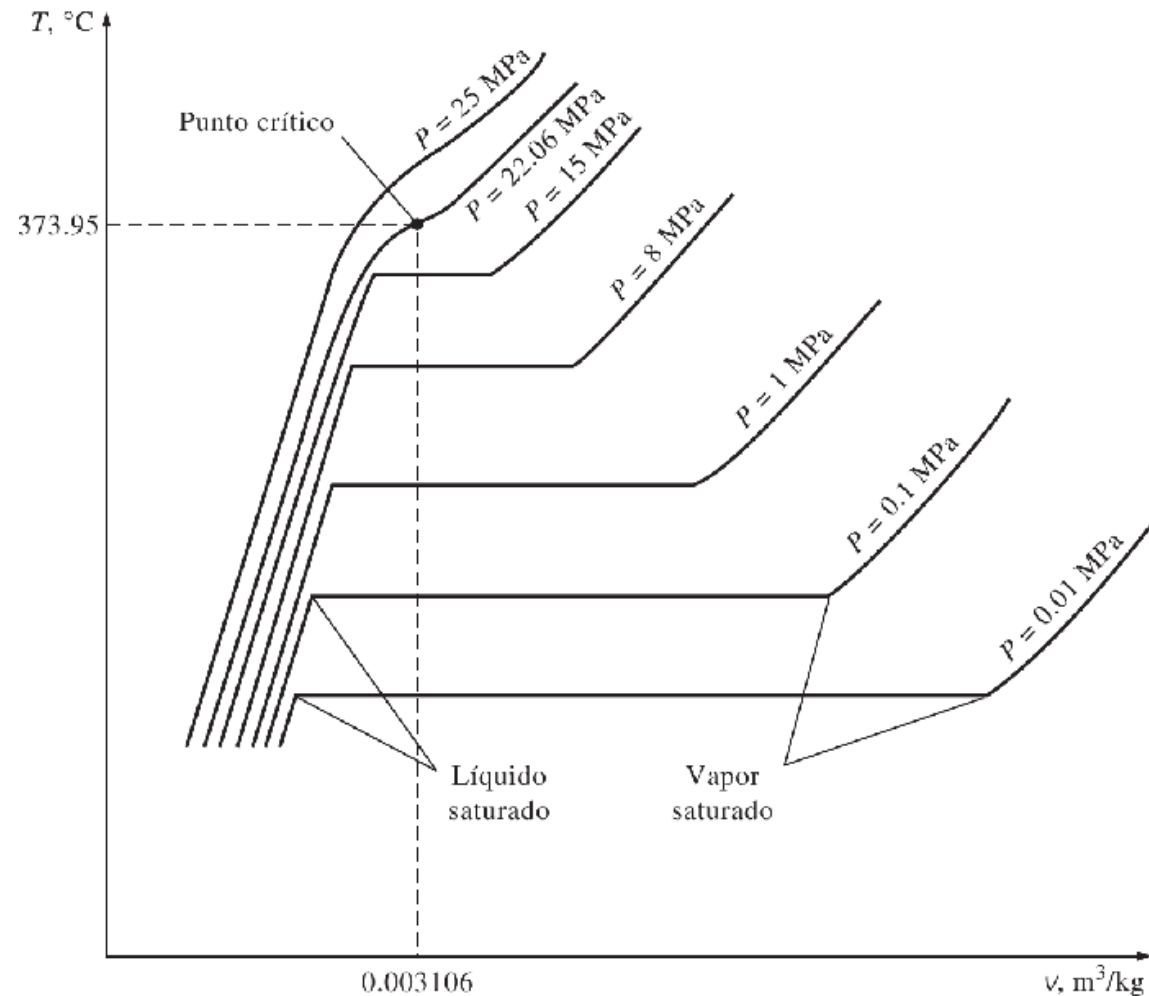


Diagrama $T-\nu$ del agua.

- Cada curva considera una **presión constante**.

Diagrama $T-\nu$

- Las **líneas a temperatura constante** se van **acortando** a medida que la **presión aumenta**.
- Esta línea se vuelve un punto a cierta presión (**punto crítico**).
 - Presión crítica P_{cr} .
 - Temperatura crítica T_{cr} .
 - Volumen específico crítico ν_{cr} .
- En este punto crítico el líquido y vapor saturado son idénticos.

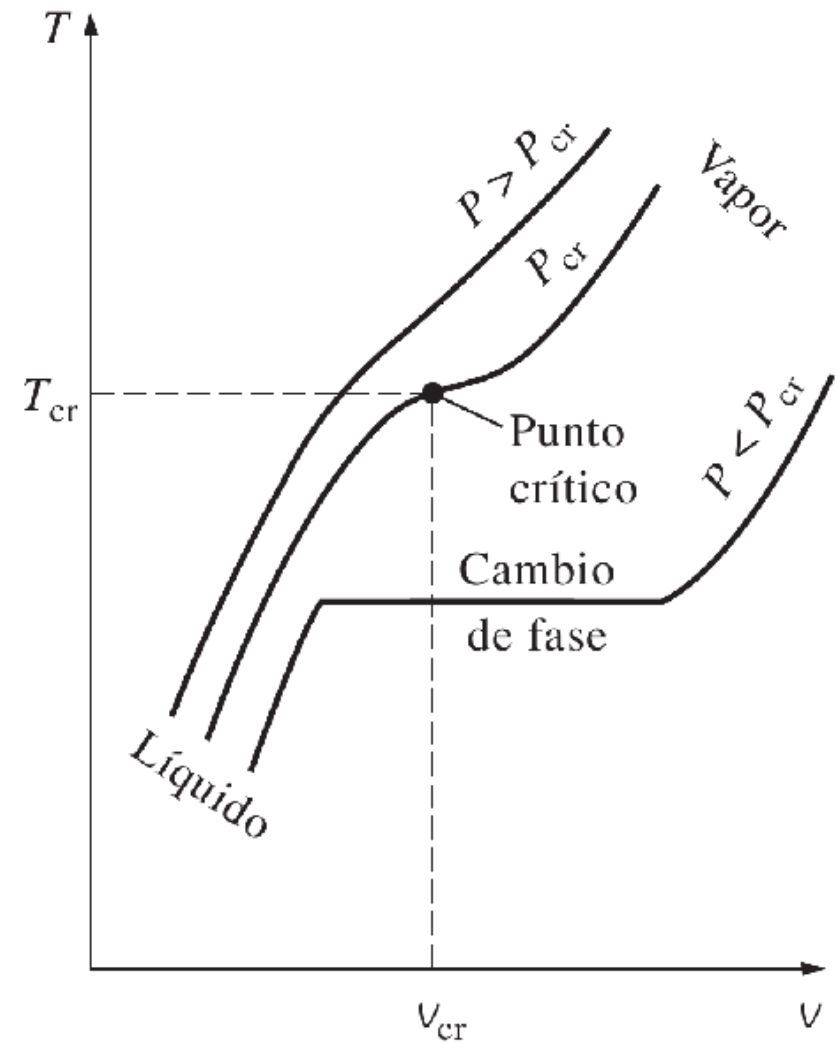
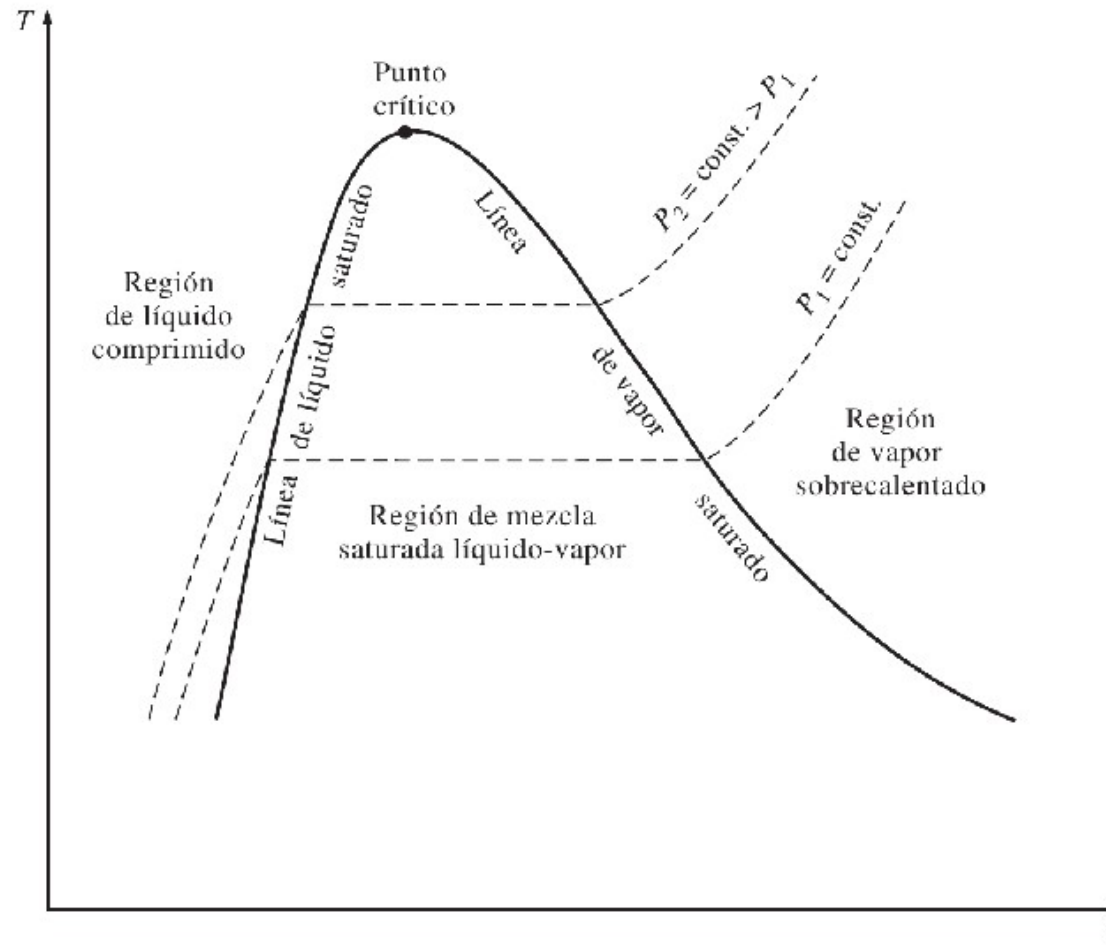


Diagrama $T-\nu$



- Al unir los puntos de saturación obtenemos la **línea de líquido saturado** y la **línea de vapor saturado**.
- Las líneas se unen en el punto crítico.

Diagrama $T-\nu$: Fluído supercrítico

- A **presiones mayores** se tiene un **fluído supercrítico**.
- No se tiene una transición de fase definida.
- Un fluído supercrítico tiene propiedades de gas y líquido.
- Ejemplo:

CO₂ supercrítico tiene alta aplicación comercial debido a ser un buen solvente (líquido) y poder expandirse fácilmente (gas).

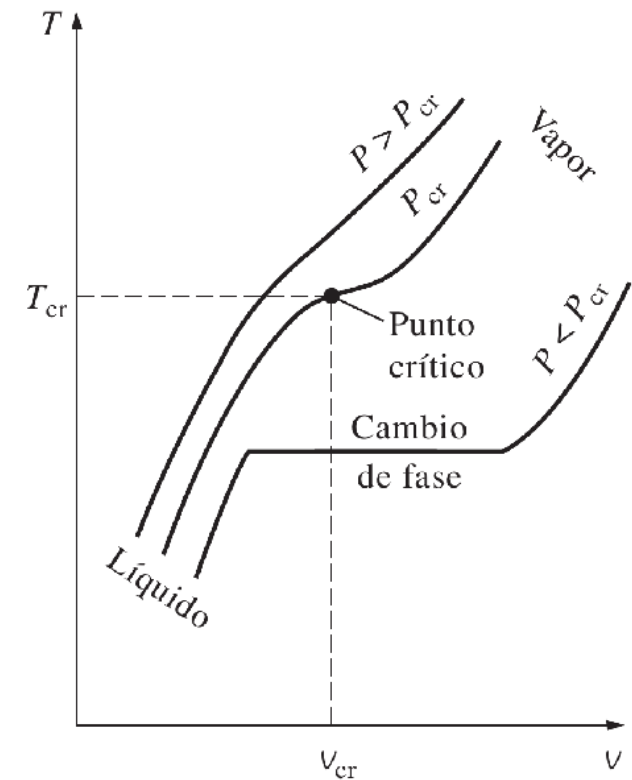
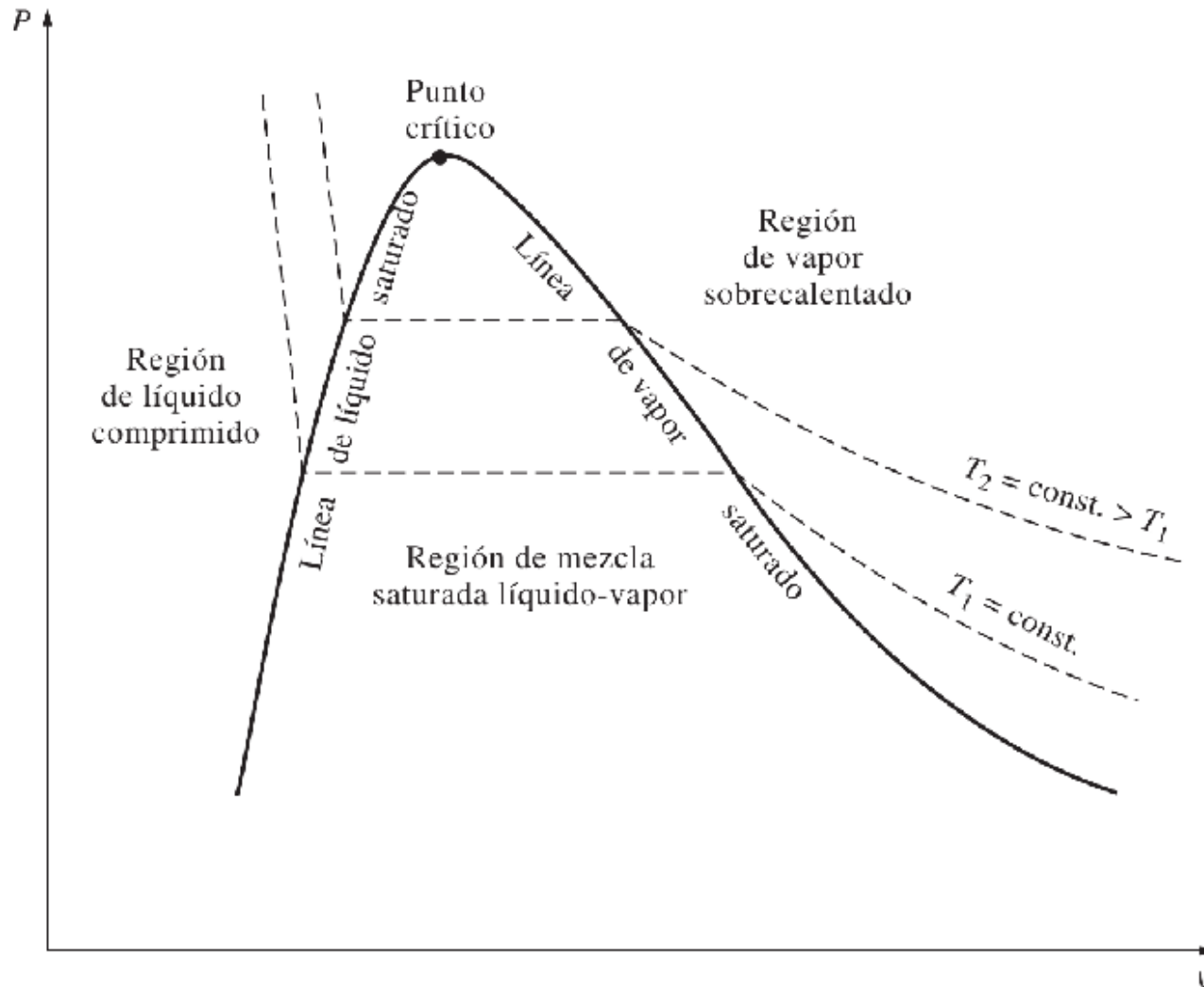


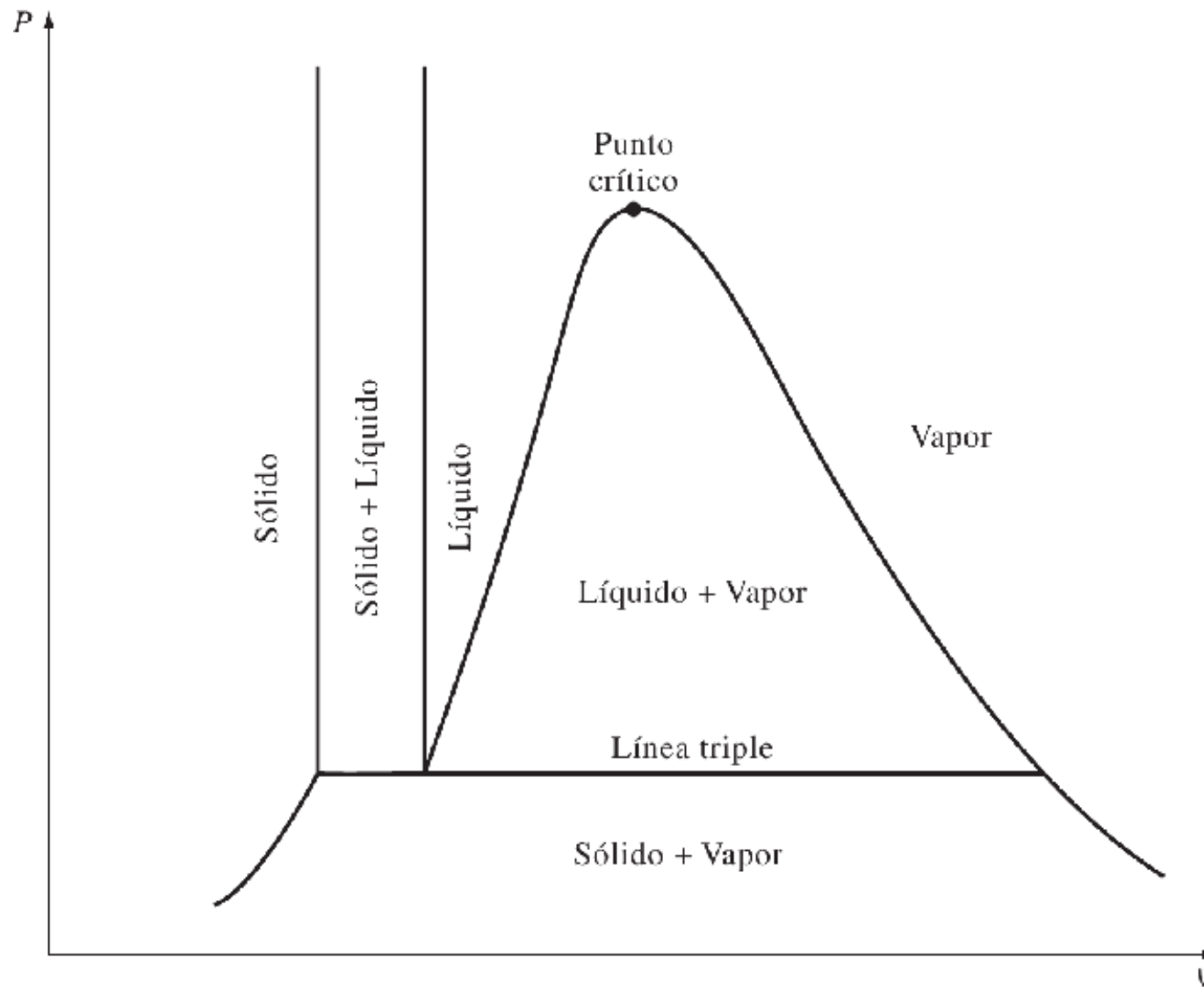
Diagrama $P-\nu$

- En un **diagrama $P-\nu$** se grafica la **presión P** en función del **volumen específico $\nu = \rho^{-1}$** .



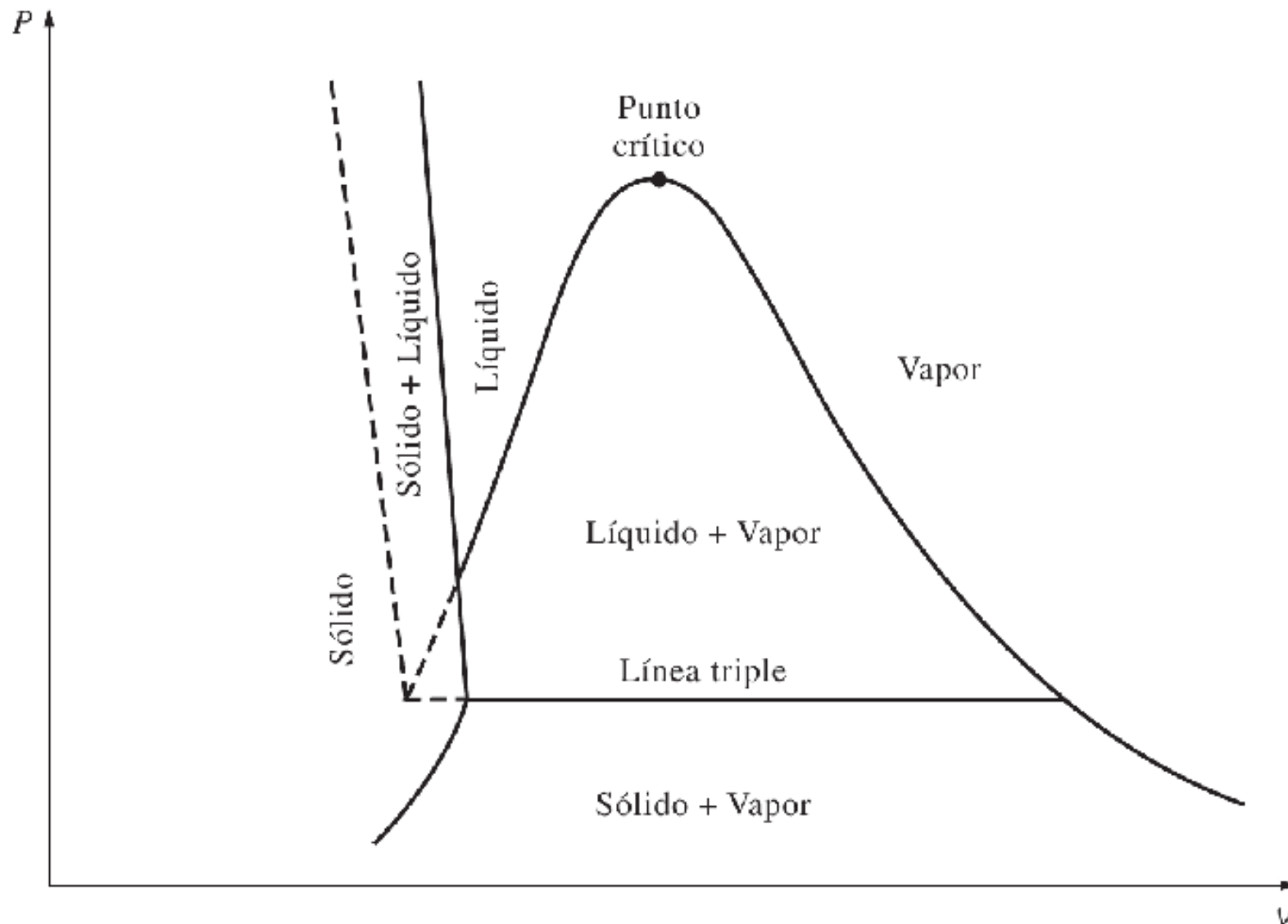
- Cada curva** considera una **temperatura constante**.

Diagrama $P-\nu$: Inclusión de la fase sólida



a) Diagrama $P-\nu$ de una sustancia que se contrae al congelarse.

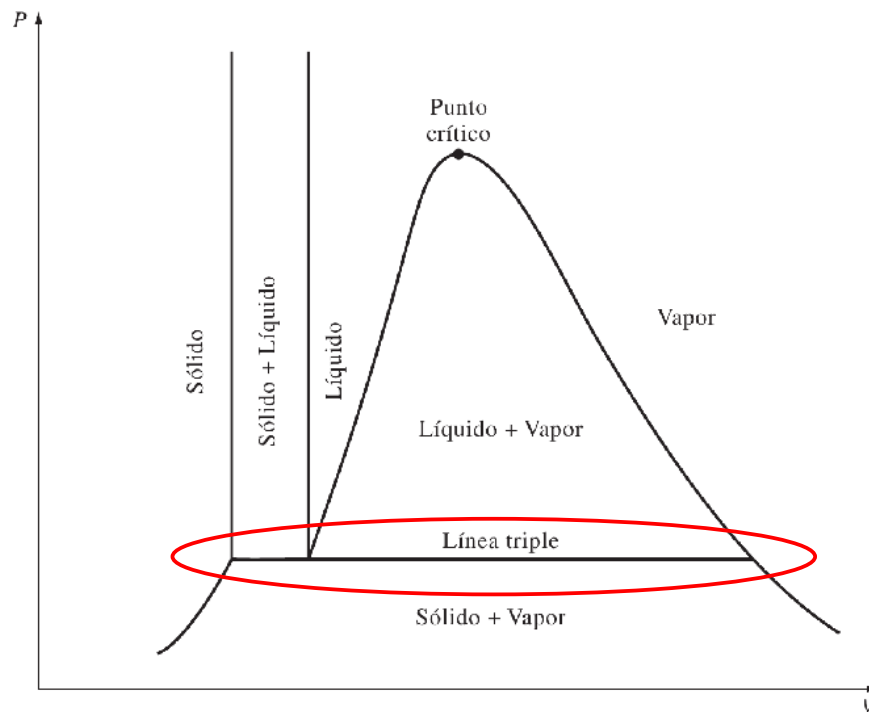
Diagrama $P-\nu$: Inclusión de la fase sólida



b) Diagrama $P-\nu$ de una sustancia que se expande al congelarse (por ejemplo, agua).

Diagrama $P-v$: Línea triple

- La **línea triple** corresponde a valores donde se encuentran los tres estados.



a) Diagrama $P-v$ de una sustancia que se contrae al congelarse.

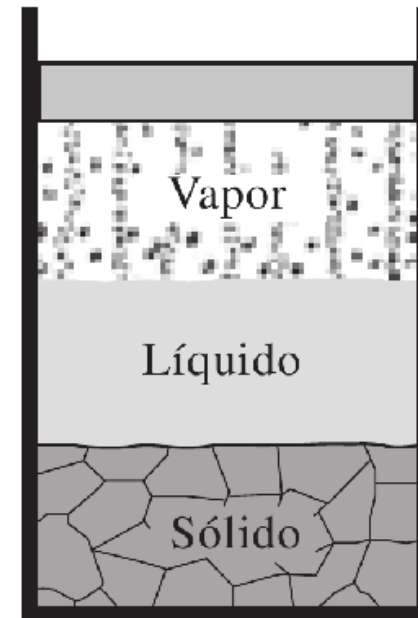
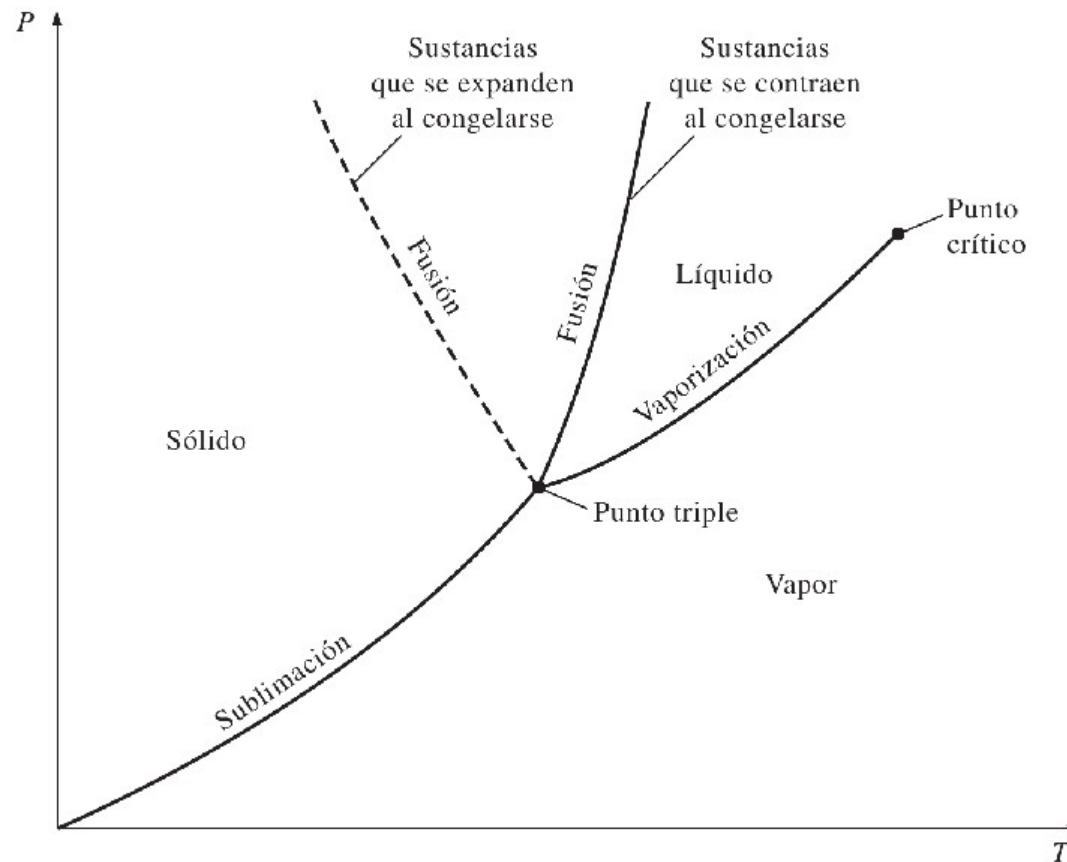


Diagrama $T-P$

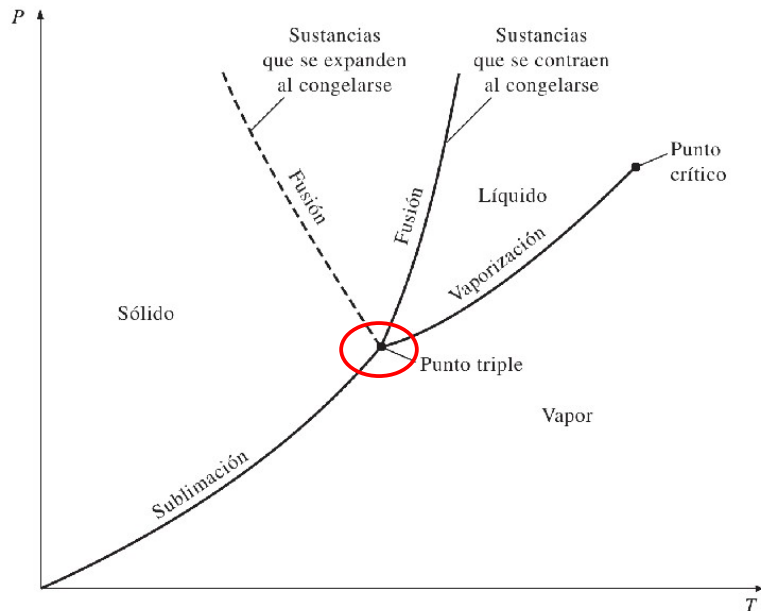
- En un **diagrama $T-P$** se grafica la **temperatura T** en función de la **presión P** .



- La frontera con el fluido supercrítico no está del todo bien definida en un diagrama $T-P$.

Diagrama $T-P$: Punto triple

- El punto triple corresponde a un punto donde las tres fases coexisten.

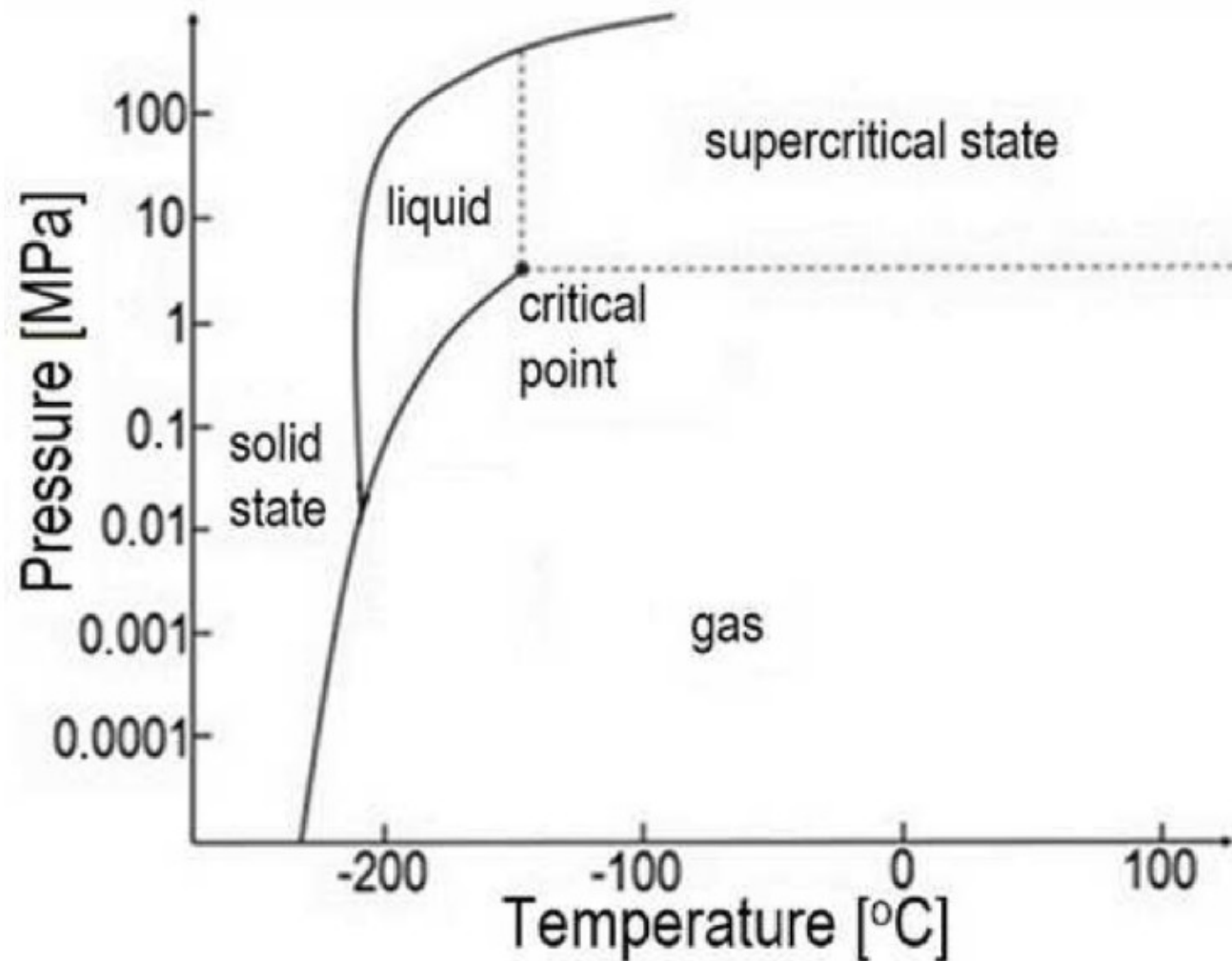


Temperaturas y presiones del punto triple de varias sustancias

| Sustancia | Fórmula | T_{tp} , K | P_{tp} , kPa |
|----------------------------|----------|--------------|-----------------------|
| Acetileno | C_2H_2 | 192.4 | 120 |
| Agua | H_2O | 273.16 | 0.61 |
| Amoníaco | NH_3 | 195.40 | 6.076 |
| Argón | A | 83.81 | 68.9 |
| Carbón (grafito) | C | 3 900 | 10 100 |
| Cloruro de hidrógeno | HCl | 158.96 | 13.9 |
| Deuterio | D_2 | 18.63 | 17.1 |
| Dióxido de azufre | SO_2 | 197.69 | 1.67 |
| Dióxido de carbono | CO_2 | 216.55 | 517 |
| Etano | C_2H_6 | 89.89 | 8×10^{-4} |
| Etileno | C_2H_4 | 104.0 | 0.12 |
| Helio 4 (punto λ) | He | 2.19 | 5.1 |
| Hexafluoruro de uranio | UF_6 | 337.17 | 151.7 |
| Hidrógeno | H_2 | 13.84 | 7.04 |
| Mercurio | Hg | 234.2 | 1.65×10^{-7} |
| Metano | CH_4 | 90.68 | 11.7 |
| Monóxido de carbono | CO | 68.10 | 15.37 |
| Neón | Ne | 24.57 | 43.2 |
| Nitrógeno | N_2 | 63.18 | 12.6 |
| Óxido nítrico | NO | 109.50 | 21.92 |
| Óxido nitroso | N_2O | 182.34 | 87.85 |
| Oxígeno | O_2 | 54.36 | 0.152 |
| Paladio | Pd | 1 825 | 3.5×10^{-3} |
| Platino | Pt | 2 045 | 2.0×10^{-4} |
| Titanio | Ti | 1 941 | 5.3×10^{-3} |
| Xenón | Xe | 161.3 | 81.5 |
| Zinc | Zn | 692.65 | 0.065 |

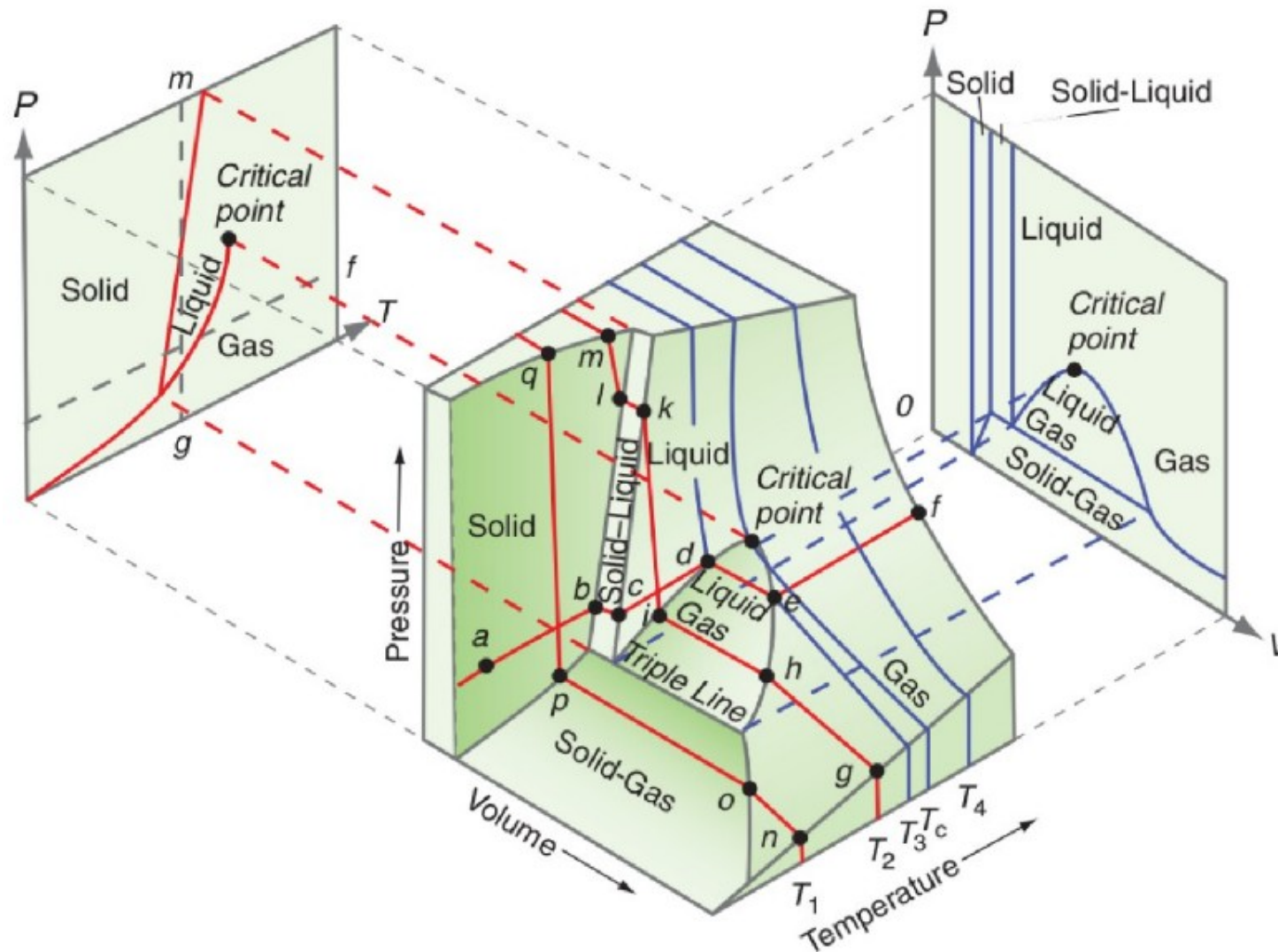
Fuente: Datos del National Bureau of Standards (U.S. Circ., 500 (1952).

Ejemplo diagrama $T-P$: Nitrógeno



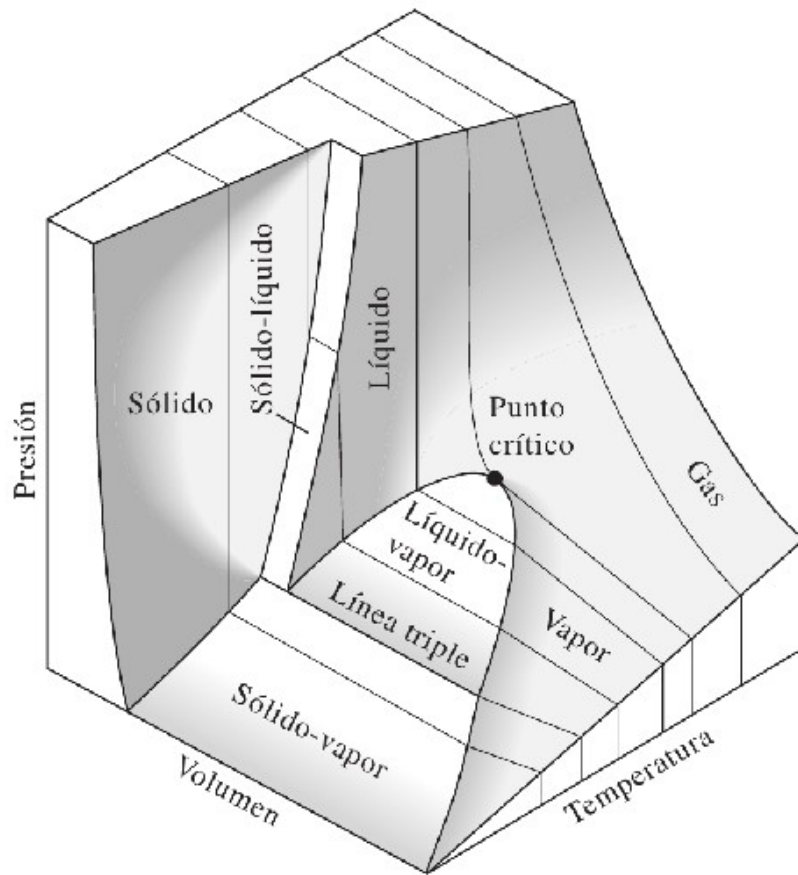
Superficie $P-v-T$

- Es posible graficar una superficie en tres dimensiones para incluir las tres variables.

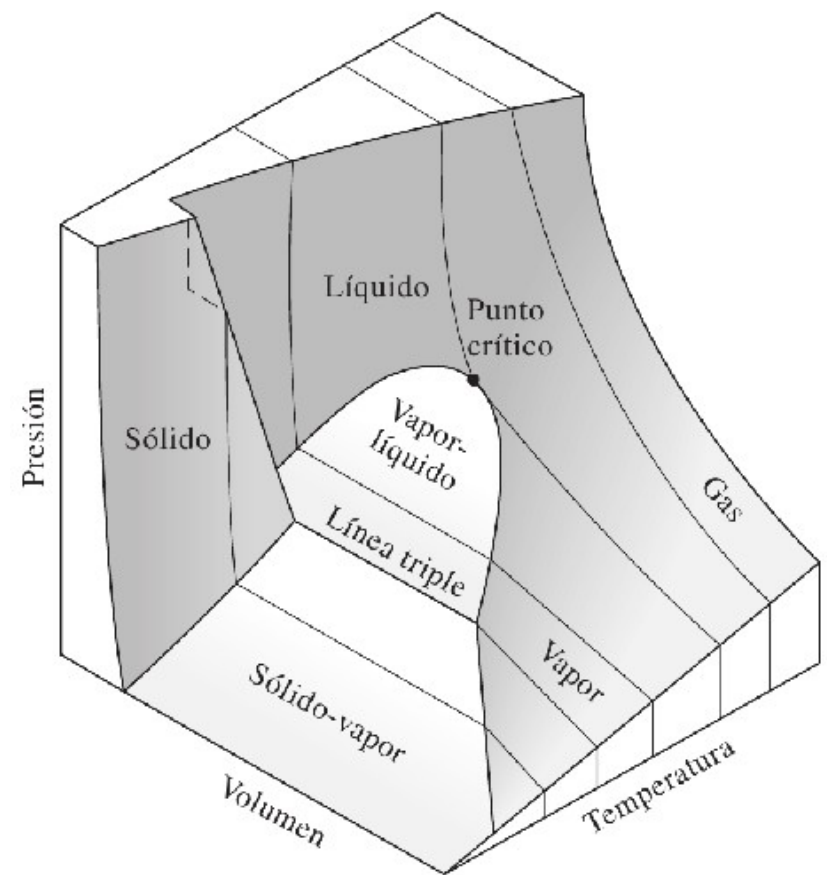


Superficie $P-v-T$

- Es posible graficar una superficie en tres dimensiones para incluir las tres variables.

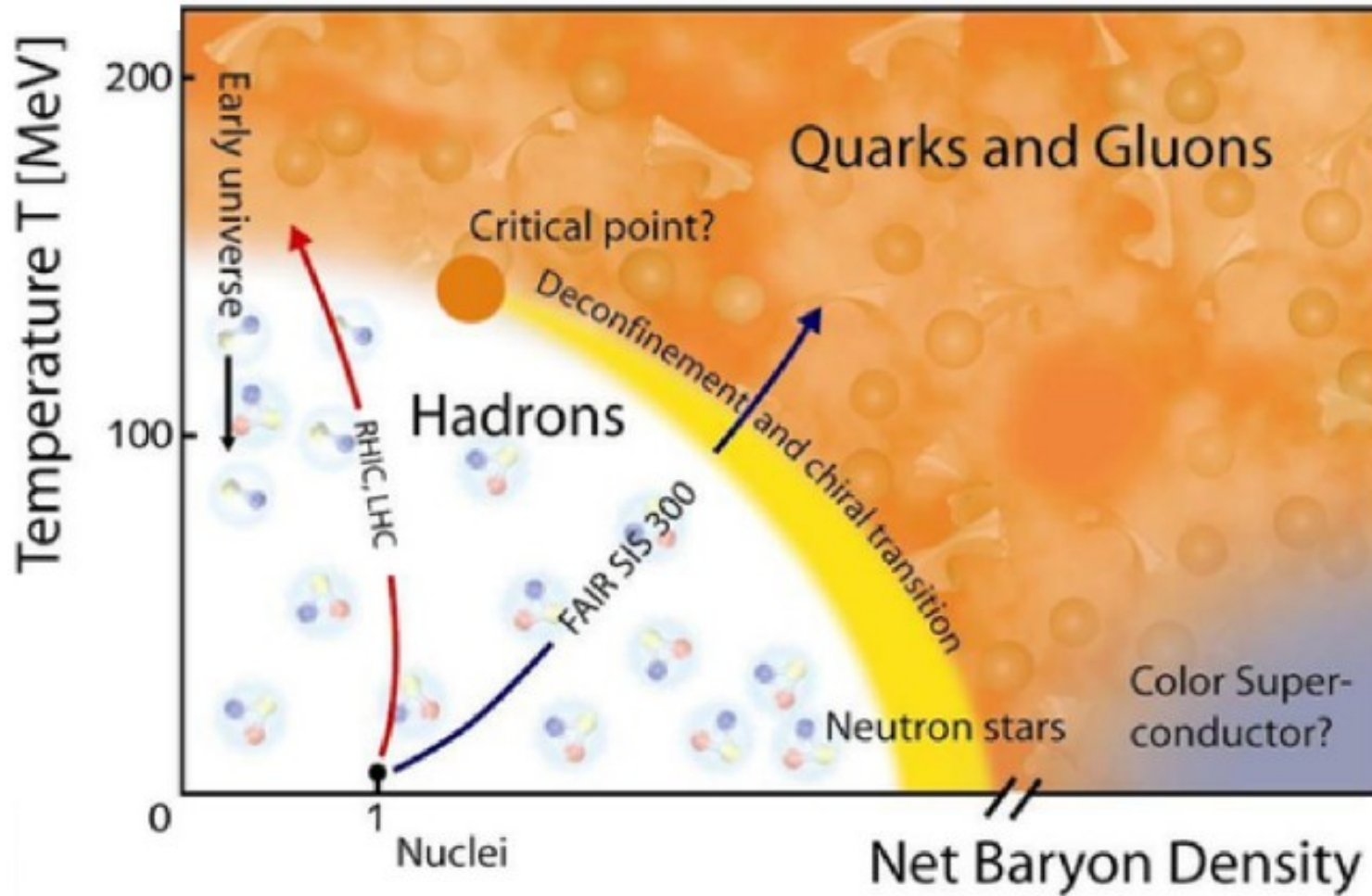


Superficie $P-v-T$ de una sustancia que se *contrae* al congelarse.



Superficie $P-v-T$ de una sustancia que se *expande* al congelarse (como el agua).

Ejemplo: Diagrama de QCD



Clase 10: Diagramas de fase y tablas

- Diagramas de propiedades.
- **Tablas termodinámicas.**

Tablas termodinámicas

- Para la mayoría de sustancias no es posible escribir las relación entre propiedades en forma de ecuaciones.
- Por esto, las propiedades termodinámicas suelen ser tabuladas en las llamadas **tablas termodinámicas**.

Agua saturada. Tabla de temperaturas

| Temp., T °C | Volumen específico, m³/kg | | | | Energía interna, kJ/kg | | | | Entalpía, kJ/kg | | | | Entropía, kJ/kg · K | | | |
|----------------|-------------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|---------------------------|-------------------------------|------------------------------|---------------------------|-------------------------------|------------------------------|---------------------------|-------------------------------|------------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| | Pres. sat., P _{sat} kPa | Liq. sat., v _f | Liq. sat., v _g | Vapor sat., v _g | Liq. sat., u _f | Evap., u _{fg} | Vapor sat., u _g | Liq. sat., h _f | Evap., h _{fg} | Vapor sat., h _g | Liq. sat., s _f | Evap., s _{fg} | Vapor sat., s _g | Liq. sat., s _f | Evap., s _{fg} | Vapor sat., s _g |
| 0.01 | 0.6117 | 0.001000 | 206.00 | 0.000 | 0.000 | 2374.0 | 2374.0 | 0.001 | 2560.9 | 2560.9 | 0.0000 | 9.1556 | 9.1556 | | | |
| 5 | 0.8726 | 0.001000 | 147.03 | | 21.015 | 2350.6 | 2371.6 | 0.0753 | 2489.1 | 2510.1 | 0.0753 | 8.9687 | 9.0440 | | | |
| 10 | 1.2281 | 0.001000 | 105.30 | | 42.000 | 2346.6 | 2388.7 | 0.1511 | 2568.8 | 2618.9 | 0.1511 | 8.7988 | 9.0999 | | | |
| 15 | 1.7057 | 0.001001 | 77.885 | | 62.980 | 2332.5 | 2395.5 | 0.2245 | 2645.4 | 2667.9 | 0.2245 | 8.6559 | 9.1803 | | | |
| 20 | 2.3392 | 0.001002 | 57.162 | | 83.913 | 2318.4 | 2402.3 | 0.2957 | 2719.9 | 2730.4 | 0.2957 | 8.5369 | 9.2661 | | | |
| 25 | 3.1698 | 0.001003 | 43.346 | | 104.83 | 2304.3 | 2409.1 | 0.3657 | 2792.8 | 2805.3 | 0.3657 | 8.4385 | 9.3607 | | | |
| 30 | 4.2460 | 0.001004 | 32.894 | | 125.73 | 2290.2 | 2415.9 | 0.4348 | 2864.1 | 2885.8 | 0.4348 | 8.3507 | 9.4630 | | | |
| 35 | 5.6281 | 0.001006 | 25.208 | | 146.53 | 2276.0 | 2422.7 | 0.5032 | 2934.0 | 2965.3 | 0.5032 | 8.2725 | 9.5727 | | | |
| 40 | 7.3891 | 0.001008 | 19.510 | | 167.35 | 2261.9 | 2429.6 | 0.5714 | 3002.6 | 3039.5 | 0.5714 | 8.2032 | 9.6890 | | | |
| 45 | 9.5923 | 0.001010 | 15.251 | | 188.45 | 2247.7 | 2436.1 | 0.6395 | 3070.0 | 3116.4 | 0.6395 | 8.1427 | 9.8113 | | | |
| 50 | 12.349 | 0.001012 | 12.036 | | 209.33 | 2233.4 | 2442.7 | 0.7068 | 3136.3 | 3191.3 | 0.7068 | 8.0900 | 9.9390 | | | |
| 55 | 15.763 | 0.001015 | 9.5629 | | 230.24 | 2219.1 | 2449.3 | 0.7734 | 3200.4 | 3265.8 | 0.7734 | 8.0451 | 10.0719 | | | |
| 60 | 19.947 | 0.001017 | 7.6670 | | 251.16 | 2204.7 | 2455.9 | 0.8393 | 3263.2 | 3339.1 | 0.8393 | 8.0080 | 10.2097 | | | |
| 65 | 25.043 | 0.001020 | 6.1995 | | 272.05 | 2190.3 | 2462.4 | 0.9037 | 3324.8 | 3411.3 | 0.9037 | 7.9777 | 10.3520 | | | |
| 70 | 31.202 | 0.001023 | 5.0906 | | 293.04 | 2176.0 | 2469.0 | 0.9668 | 3385.3 | 3482.3 | 0.9668 | 7.9533 | 10.5000 | | | |
| 75 | 38.567 | 0.001026 | 4.1291 | | 313.99 | 2161.7 | 2475.7 | 1.0288 | 3444.8 | 3552.3 | 1.0288 | 7.9346 | 10.6533 | | | |
| 80 | 47.416 | 0.001029 | 3.4023 | | 334.97 | 2147.6 | 2482.6 | 1.0898 | 3503.3 | 3621.3 | 1.0898 | 7.9214 | 10.8119 | | | |
| 85 | 57.868 | 0.001032 | 2.8621 | | 355.95 | 2133.6 | 2489.6 | 1.1498 | 3560.8 | 3689.3 | 1.1498 | 7.9135 | 10.9750 | | | |
| 90 | 70.183 | 0.001036 | 2.3203 | | 376.97 | 2119.7 | 2496.7 | 1.2089 | 3617.3 | 3756.3 | 1.2089 | 7.9100 | 11.1425 | | | |
| 95 | 84.609 | 0.001040 | 1.9808 | | 398.00 | 2105.8 | 2503.8 | 1.2672 | 3672.8 | 3822.3 | 1.2672 | 7.9119 | 11.3144 | | | |
| 100 | 101.42 | 0.001043 | 1.6720 | | 419.06 | 2092.0 | 2511.1 | 1.3248 | 3727.3 | 3887.3 | 1.3248 | 7.9181 | 11.4905 | | | |
| 105 | 120.90 | 0.001047 | 1.4186 | | 440.15 | 2078.3 | 2518.5 | 1.3817 | 3780.8 | 3951.3 | 1.3817 | 7.9295 | 11.6697 | | | |
| 110 | 143.38 | 0.001052 | 1.2004 | | 461.27 | 2064.6 | 2525.9 | 1.4379 | 3833.3 | 4014.3 | 1.4379 | 7.9451 | 11.8519 | | | |
| 115 | 169.18 | 0.001056 | 1.0360 | | 482.42 | 2051.0 | 2533.4 | 1.4935 | 3884.8 | 4076.3 | 1.4935 | 7.9649 | 12.0370 | | | |
| 120 | 198.67 | 0.001060 | 0.89133 | | 503.60 | 2037.5 | 2541.1 | 1.5486 | 3935.3 | 4137.3 | 1.5486 | 7.9879 | 12.2250 | | | |
| 125 | 232.23 | 0.001065 | 0.77012 | | 524.83 | 2024.0 | 2548.9 | 1.6032 | 3984.8 | 4197.3 | 1.6032 | 8.0149 | 12.4159 | | | |
| 130 | 270.28 | 0.001070 | 0.66808 | | 546.10 | 2010.5 | 2556.6 | 1.6573 | 4033.3 | 4256.3 | 1.6573 | 8.0469 | 12.6097 | | | |
| 135 | 313.27 | 0.001075 | 0.58179 | | 567.41 | 1997.0 | 2564.4 | 1.7109 | 4080.8 | 4314.3 | 1.7109 | 8.0829 | 12.8063 | | | |
| 140 | 361.53 | 0.001080 | 0.50863 | | 588.77 | 1983.5 | 2572.3 | 1.7641 | 4127.3 | 4371.3 | 1.7641 | 8.1229 | 13.0057 | | | |
| 145 | 415.68 | 0.001085 | 0.44609 | | 610.19 | 1970.0 | 2580.2 | 1.8169 | 4172.8 | 4427.3 | 1.8169 | 8.1669 | 13.2079 | | | |
| 150 | 476.16 | 0.001091 | 0.39048 | | 631.66 | 1956.5 | 2588.2 | 1.8694 | 4217.3 | 4482.3 | 1.8694 | 8.2139 | 13.4129 | | | |
| 155 | 543.45 | 0.001096 | 0.34068 | | 653.19 | 1943.0 | 2596.2 | 1.9216 | 4260.8 | 4536.3 | 1.9216 | 8.2639 | 13.6209 | | | |
| 160 | 618.29 | 0.001102 | 0.30080 | | 674.79 | 1929.5 | 2604.3 | 1.9735 | 4303.3 | 4589.3 | 1.9735 | 8.3159 | 13.8319 | | | |
| 165 | 700.93 | 0.001108 | 0.27244 | | 696.46 | 1916.0 | 2612.5 | 2.0251 | 4344.8 | 4641.3 | 2.0251 | 8.3699 | 14.0449 | | | |
| 170 | 792.18 | 0.001114 | 0.24260 | | 718.20 | 1902.5 | 2620.7 | 2.0764 | 4385.3 | 4692.3 | 2.0764 | 8.4249 | 14.2599 | | | |
| 175 | 893.60 | 0.001121 | 0.21159 | | 740.02 | 1889.0 | 2628.9 | 2.1275 | 4424.8 | 4742.3 | 2.1275 | 8.4819 | 14.4769 | | | |
| 180 | 1007.8 | 0.001127 | 0.17984 | | 761.93 | 1875.5 | 2637.1 | 2.1784 | 4463.3 | 4791.3 | 2.1784 | 8.5369 | 14.6949 | | | |
| 185 | 1136.3 | 0.001134 | 0.14763 | | 783.93 | 1862.0 | 2645.3 | 2.2291 | 4500.8 | 4839.3 | 2.2291 | 8.5899 | 14.9139 | | | |
| 190 | 1280.2 | 0.001141 | 0.11529 | | 806.00 | 1848.5 | 2653.5 | 2.2796 | 4537.3 | 4886.3 | 2.2796 | 8.6409 | 15.1339 | | | |
| 195 | 1398.8 | 0.001149 | 0.082918 | | 828.15 | 1835.0 | 2661.7 | 2.3299 | 4572.8 | 4932.3 | 2.3299 | 8.6899 | 15.3549 | | | |
| 200 | 1554.9 | 0.001157 | 0.051271 | | 850.46 | 1821.5 | 2669.9 | 2.3799 | 4607.3 | 4977.3 | 2.3799 | 8.7369 | 15.5769 | | | |

Agua saturada. Tabla de temperaturas (continuación)

| Temp., T °C | Volumen específico, m³/kg | | | | Energía interna, kJ/kg | | | | Entalpía, kJ/kg | | | | Entropía, kJ/kg · K | | | |
|----------------|-------------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|---------------------------|-------------------------------|------------------------------|---------------------------|-------------------------------|------------------------------|---------------------------|-------------------------------|------------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| | Pres. sat., P _{sat} kPa | Liq. sat., v _f | Vapor sat., v _g | Vapor sat., v _g | Liq. sat., u _f | Evap., u _{fg} | Vapor sat., u _g | Liq. sat., h _f | Evap., h _{fg} | Vapor sat., h _g | Liq. sat., s _f | Evap., s _{fg} | Vapor sat., s _g | Liq. sat., s _f | Evap., s _{fg} | Vapor sat., s _g |
| 205 | 1724.3 | 0.001164 | 0.031508 | 0.031508 | 872.85 | 1723.5 | 2596.4 | 874.87 | 1920.0 | 2794.8 | 2.3776 | 0.4154 | 6.3330 | | | |
| 210 | 1907.7 | 0.001173 | 0.024498 | 0.024498 | 895.38 | 1702.9 | 2598.3 | 897.61 | 1899.7 | 2797.3 | 2.4245 | 0.3338 | 6.2565 | | | |
| 215 | 2106.9 | 0.001181 | 0.019480 | 0.019480 | 918.02 | 1681.9 | 2599.9 | 920.50 | 1878.8 | 2799.3 | 2.4712 | 0.2819 | 6.2000 | | | |
| 220 | 2319.6 | 0.001190 | 0.016039 | 0.016039 | 940.79 | 1660.5 | 2601.3 | 943.05 | 1857.4 | 2801.0 | 2.5176 | 0.2454 | 6.2483 | | | |
| 225 | 2545.7 | 0.001199 | 0.013605 | 0.013605 | 963.70 | 1639.5 | 2602.3 | 965.76 | 1835.4 | 2802.2 | 2.5639 | 0.2184 | 6.2483 | | | |
| 230 | 2794.1 | 0.001208 | 0.011805 | 0.011805 | 986.76 | 1618.1 | 2602.9 | 988.14 | 1812.8 | 2802.9 | 2.6101 | 0.2008 | 6.2128 | | | |
| 235 | 3064.6 | 0.001219 | 0.009900 | 0.009900 | 1010.0 | 1595.2 | 2603.2 | 1011.7 | 1789.5 | 2803.2 | 2.6560 | 0.1826 | 6.1775 | | | |
| 240 | 3347.0 | 0.001229 | 0.008407 | 0.008407 | 1033.4 | 1569.8 | 2603.1 | 1035.0 | 1765.0 | 2803.0 | 2.7018 | 0.1640 | 6.1424 | | | |
| 245 | 3651.2 | 0.001240 | 0.007405 | 0.007405 | 1056.5 | 1545.7 | 2602.7 | 1057.5 | 1740.8 | 2802.2 | 2.7476 | 0.1456 | 6.1072 | | | |
| 250 | 3976.2 | 0.001252 | 0.006605 | 0.006605 | 1080.7 | 1521.1 | 2601.8 | 1080.7 | 1715.3 | 2801.0 | 2.7933 | 0.1278 | 6.0721 | | | |
| 255 | 4322.9 | 0.001263 | 0.005961 | 0.005961 | 1105.7 | 1495.8 | 2600.5 | 1105.7 | 1689.0 | 2799.1 | 2.8390 | 0.1109 | 6.0369 | | | |
| 260 | 4692.3 | 0.001276 | 0.005417 | 0.005417 | 1128.8 | 1469.9 | 2598.7 | 1128.8 | 1661.8 | 2796.6 | 2.8847 | 0.1001 | 6.0017 | | | |
| 265 | 5085.3 | 0.001289 | 0.004974 | 0.004974 | 1153.3 | 1443.2 | 2596.5 | 1150.8 | 1633.7 | 2793.5 | 2.9304 | 0.0894 | 5.9665 | | | |
| 270 | 5503.0 | 0.001303 | 0.004622 | 0.004622 | 1179.2 | 1415.7 | 2593.7 | 1181.0 | 1603.6 | 2789.7 | 2.9762 | 0.0792 | 5.9313 | | | |
| 275 | 5946.4 | 0.001317 | 0.004376 | 0.004376 | 1207.5 | 1387.4 | 2590.3 | 1201.7 | 1574.6 | 2785.7 | 3.0221 | 0.0694 | 5.8961 | | | |
| 280 | 6416.6 | 0.001333 | 0.004133 | 0.004133 | 1228.2 | 1358.2 | 2586.4 | 1226.7 | 1550.2 | 2781.4 | 3.0681 | 0.0601 | 5.8609 | | | |
| 285 | 6914.6 | 0.001349 | 0.003900 | 0.003900 | 1253.7 | 1328.1 | 2581.8 | 1253.1 | 1528.1 | 2777.7 | 3.1144 | 0.0514 | 5.8257 | | | |
| 290 | 7441.8 | 0.001366 | 0.003666 | 0.003666 | 1279.7 | 1296.9 | 2576.6 | 1276.7 | 1506.0 | 2773.7 | 3.1608 | 0.0432 | 5.7904 | | | |
| 295 | 7999.0 | 0.001384 | 0.003434 | 0.003434 | 1306.0 | 1264.5 | 2570.5 | 1317.1 | 1475.6 | 2769.5 | 3.2076 | 0.0354 | 5.7552 | | | |
| 300 | 8587.9 | 0.001404 | 0.003209 | 0.003209 | 1332.7 | 1231.9 | 2563.6 | 1348.0 | 1446.8 | 2765.3 | 3.2549 | 0.0281 | 5.7200 | | | |
| 305 | 9209.5 | 0.001425 | 0.002992 | 0.002992 | 1360.0 | 1199.5 | 2555.8 | 1373.1 | 1416.3 | 2761.0 | 3.3024 | 0.0214 | 5.6848 | | | |
| 310 | 9865.0 | 0.001447 | 0.002783 | 0.002783 | 1387.7 | 1166.3 | 2546.9 | 1402.0 | 1385.9 | 2756.7 | 3.3500 | 0.0151 | 5.6496 | | | |
| 315 | 10554.6 | 0.001470 | 0.002582 | 0.002582 | 1415.8 | 1132.2 | 2537.0 | 1423.6 | 1354.7 | 2752.3 | 3.3976 | 0.0092 | 5.6144 | | | |
| 320 | 11284.0 | 0.001493 | 0.002390 | 0.002390 | 1444.1 | 1097.0 | 2526.0 | 1446.0 | 1324.5 | 2747.8 | 3.4451 | 0.0037 | 5.5792 | | | |
| 325 | 12054.0 | 0.001518 | 0.002209 | 0.002209 | 1472.5 | 1060.5 | 2513.4 | 1469.4 | 1294.3 | 2743.2 | 3.4926 | 0.0000 | 5.5440 | | | |
| 330 | 12868.8 | 0.001543 | 0.002039 | 0.002039 | 1500.9 | 1023.0 | 2500.0 | 1493.2 | 1264.0 | 2738.6 | 3.5400 | 0.0000 | 5.5088 | | | |
| 335 | 13707.0 | 0.001567 | 0.001868 | 0.001868 | 1529.5 | 985.5 | 2486.0 | 1516.9 | 1234.0 | 2734.0 | 3.5875 | 0.0000 | 5.4735 | | | |
| 340 | 14601.0 | 0.001592 | 0.001703 | 0.001703 | 1558.3 | 948.0 | 2470.3 | 1540.6 | 1204.0 | 2729.4 | 3.6349 | 0.0000 | 5.4382 | | | |
| 345 | 15510.0 | 0.001618 | 0.001539 | 0.001539 | 1587.3 | 910.5 | 2453.8 | 1565.1 | 1174.0 | 2724.8 | 3.6823 | 0.0000 | 5.4029 | | | |
| 350 | 16429.0 | 0.001641 | 0.001380 | 0.001380 | 1616.5 | 873.0 | 2437.3 | 1590.2 | 1144.0 | 2720.2 | 3.7297 | 0.0000 | 5.3676 | | | |
| 355 | 17360.0 | 0.001666 | 0.001229 | 0.001229 | 1646.2 | 835.5 | 2420.6 | 1615.4 | 1114.0 | 2715.6 | 3.7769 | 0.0000 | 5.3323 | | | |
| 360 | 18305.0 | 0.001690 | 0.001084 | 0.001084 | 1676.2 | 798.0 | 2403.9 | 1640.6 | 1084.0 | 2711.0 | 3.8241 | 0.0000 | 5.2970 | | | |
| 370 | 21254.0 | 0.002221 | 0.000493 | 0.000493 | 1844.5 | 580.5 | 2225.0 | 1891.2 | 653.1 | 2234.3 | 6.2119 | 0.0000 | 4.8000 | | | |
| 373.95 | 22264.0 | 0.002106 | 0.000310 | 0.000310 | 2015.7 | 0.0 | 2015.7 | 2084.0 | 0.0 | 2084.0 | 4.4070 | 0.0 | 4.4070 | | | |

Estados de líquido y vapor saturado

- Las propiedades de líquidos y vapores saturados de muchas sustancias se encuentran tabuladas.
- El subíndice f denota propiedades de un líquido saturado.
- El subíndice g denota propiedades de un vapor saturado.

Ejemplo:

ν_g : volúmen específico de gas saturado

ν_f : volúmen específico de líquido saturado

$$\nu_{fg} = \nu_g - \nu_f.$$

| Temp. °C T | Pres. sat. kPa P_{sat} | Volumen específico m ³ /kg | |
|--------------------|--------------------------------|--|-----------------------|
| | | Líquido sat. ν_f | Vapor sat. ν_g |
| 85 | 57.868 | 0.001032 | 2.8261 |
| 90 | 70.183 | 0.001036 | 2.3593 |
| 95 | 84.609 | 0.001040 | 1.9808 |

Temperatura especificada

↑

Presión de saturación correspondiente

↑

Volumen específico del líquido saturado

↑

Volumen específico del vapor saturado

↑

Estados de líquido y vapor saturado

Agua saturada. Tabla de temperaturas

| Temp., T °C | Pres. sat., P_{sat} kPa | Volumen específico, m^3/kg | | Energía interna, kJ/kg | | | Entalpía, kJ/kg | | | Entropía, $\text{kJ/kg} \cdot \text{K}$ | | |
|------------------|--|---|-------------------------|------------------------------------|--------------------|-------------------------|-----------------------------|--------------------|-------------------------|--|--------------------|-------------------------|
| | | Líqu. sat., v_f | Vapor sat., v_g | Líqu. sat., u_f | Evap., u_{fg} | Vapor sat., u_g | Líqu. sat., h_f | Evap., h_{fg} | Vapor sat., h_g | Líqu. sat., s_f | Evap., s_{fg} | Vapor sat., s_g |
| 0.01 | 0.6117 | 0.001000 | 206.00 | 0.000 | 2374.9 | 2374.9 | 0.001 | 2500.9 | 2500.9 | 0.0000 | 9.1556 | 9.1556 |
| 5 | 0.8725 | 0.001000 | 147.03 | 21.019 | 2360.8 | 2381.8 | 21.020 | 2489.1 | 2510.1 | 0.0763 | 8.9487 | 9.0249 |
| 10 | 1.2281 | 0.001000 | 106.32 | 42.020 | 2346.6 | 2388.7 | 42.022 | 2477.2 | 2519.2 | 0.1511 | 8.7488 | 8.8999 |
| 15 | 1.7057 | 0.001001 | 77.885 | 62.980 | 2332.5 | 2395.5 | 62.982 | 2465.4 | 2528.3 | 0.2245 | 8.5559 | 8.7803 |
| 20 | 2.3392 | 0.001002 | 57.762 | 83.913 | 2318.4 | 2402.3 | 83.915 | 2453.5 | 2537.4 | 0.2965 | 8.3696 | 8.6661 |
| 25 | 3.1698 | 0.001003 | 43.340 | 104.83 | 2304.3 | 2409.1 | 104.83 | 2441.7 | 2546.5 | 0.3672 | 8.1895 | 8.5567 |
| 30 | 4.2469 | 0.001004 | 32.879 | 125.73 | 2290.2 | 2415.9 | 125.74 | 2429.8 | 2555.6 | 0.4368 | 8.0152 | 8.4520 |
| 35 | 5.6291 | 0.001006 | 25.205 | 146.63 | 2276.0 | 2422.7 | 146.64 | 2417.9 | 2564.6 | 0.5051 | 7.8466 | 8.3517 |
| 40 | 7.3851 | 0.001008 | 19.515 | 167.53 | 2261.9 | 2429.4 | 167.53 | 2406.0 | 2573.5 | 0.5724 | 7.6832 | 8.2556 |
| 45 | 9.5953 | 0.001010 | 15.251 | 188.43 | 2247.7 | 2436.1 | 188.44 | 2394.0 | 2582.4 | 0.6386 | 7.5247 | 8.1633 |
| 50 | 12.352 | 0.001012 | 12.026 | 209.33 | 2233.4 | 2442.7 | 209.34 | 2382.0 | 2591.3 | 0.7038 | 7.3710 | 8.0748 |
| 55 | 15.763 | 0.001015 | 9.5639 | 230.24 | 2219.1 | 2449.3 | 230.26 | 2369.8 | 2600.1 | 0.7680 | 7.2218 | 7.9898 |
| 60 | 19.947 | 0.001017 | 7.6670 | 251.16 | 2204.7 | 2455.9 | 251.18 | 2357.7 | 2608.8 | 0.8313 | 7.0769 | 7.9082 |
| 65 | 25.043 | 0.001020 | 6.1935 | 272.09 | 2190.3 | 2462.4 | 272.12 | 2345.4 | 2617.5 | 0.8937 | 6.9360 | 7.8296 |
| 70 | 31.202 | 0.001023 | 5.0396 | 293.04 | 2175.8 | 2468.9 | 293.07 | 2333.0 | 2626.1 | 0.9551 | 6.7989 | 7.7540 |
| 75 | 38.597 | 0.001026 | 4.1291 | 313.99 | 2161.3 | 2475.3 | 314.03 | 2320.6 | 2634.6 | 1.0158 | 6.6655 | 7.6812 |
| 80 | 47.416 | 0.001029 | 3.4053 | 334.97 | 2146.6 | 2481.6 | 335.02 | 2308.0 | 2643.0 | 1.0756 | 6.5355 | 7.6111 |
| 85 | 57.868 | 0.001032 | 2.8261 | 355.96 | 2131.9 | 2487.8 | 356.02 | 2295.3 | 2651.4 | 1.1346 | 6.4089 | 7.5435 |
| 90 | 70.183 | 0.001036 | 2.3593 | 376.97 | 2117.0 | 2494.0 | 377.04 | 2282.5 | 2659.6 | 1.1929 | 6.2853 | 7.4782 |
| 95 | 84.609 | 0.001040 | 1.9808 | 398.00 | 2102.0 | 2500.1 | 398.09 | 2269.6 | 2667.6 | 1.2504 | 6.1647 | 7.4151 |
| 100 | 101.42 | 0.001043 | 1.6720 | 419.06 | 2087.0 | 2506.0 | 419.17 | 2256.4 | 2675.6 | 1.3072 | 6.0470 | 7.3542 |
| 105 | 120.90 | 0.001047 | 1.4186 | 440.15 | 2071.8 | 2511.9 | 440.28 | 2243.1 | 2683.4 | 1.3634 | 5.9319 | 7.2952 |
| 110 | 143.38 | 0.001052 | 1.2094 | 461.27 | 2056.4 | 2517.7 | 461.42 | 2229.7 | 2691.1 | 1.4188 | 5.8193 | 7.2382 |
| 115 | 169.18 | 0.001056 | 1.0360 | 482.42 | 2040.9 | 2523.3 | 482.59 | 2216.0 | 2698.6 | 1.4737 | 5.7092 | 7.1829 |
| 120 | 198.67 | 0.001060 | 0.89133 | 503.60 | 2025.3 | 2528.9 | 503.81 | 2202.1 | 2706.0 | 1.5279 | 5.6013 | 7.1292 |
| 125 | 232.23 | 0.001065 | 0.77012 | 524.83 | 2009.5 | 2534.3 | 525.07 | 2188.1 | 2713.1 | 1.5816 | 5.4956 | 7.0771 |
| 130 | 270.28 | 0.001070 | 0.66808 | 546.10 | 1993.4 | 2539.5 | 546.38 | 2173.7 | 2720.1 | 1.6346 | 5.3919 | 7.0265 |
| 135 | 313.22 | 0.001075 | 0.58179 | 567.41 | 1977.3 | 2544.7 | 567.75 | 2159.1 | 2726.9 | 1.6872 | 5.2901 | 6.9773 |
| 140 | 361.53 | 0.001080 | 0.50850 | 588.77 | 1960.9 | 2549.6 | 589.16 | 2144.3 | 2733.5 | 1.7392 | 5.1901 | 6.9294 |
| 145 | 415.68 | 0.001085 | 0.44600 | 610.19 | 1944.2 | 2554.4 | 610.64 | 2129.2 | 2739.8 | 1.7908 | 5.0919 | 6.8827 |
| 150 | 476.16 | 0.001091 | 0.39248 | 631.66 | 1927.4 | 2559.1 | 632.18 | 2113.8 | 2745.9 | 1.8418 | 4.9953 | 6.8371 |
| 155 | 543.49 | 0.001096 | 0.34648 | 653.19 | 1910.3 | 2563.5 | 653.79 | 2098.0 | 2751.8 | 1.8924 | 4.9002 | 6.7927 |
| 160 | 618.23 | 0.001102 | 0.30680 | 674.79 | 1893.0 | 2567.8 | 675.47 | 2082.0 | 2757.5 | 1.9426 | 4.8066 | 6.7492 |
| 165 | 700.93 | 0.001108 | 0.27244 | 696.46 | 1875.4 | 2571.9 | 697.24 | 2065.6 | 2762.8 | 1.9923 | 4.7143 | 6.7067 |
| 170 | 792.18 | 0.001114 | 0.24260 | 718.20 | 1857.5 | 2575.7 | 719.08 | 2048.8 | 2767.9 | 2.0417 | 4.6233 | 6.6650 |
| 175 | 892.60 | 0.001121 | 0.21659 | 740.02 | 1839.4 | 2579.4 | 741.02 | 2031.7 | 2772.7 | 2.0906 | 4.5335 | 6.6242 |
| 180 | 1002.8 | 0.001127 | 0.19384 | 761.92 | 1820.9 | 2582.8 | 763.05 | 2014.2 | 2777.2 | 2.1392 | 4.4448 | 6.5841 |
| 185 | 1123.5 | 0.001134 | 0.17390 | 783.91 | 1802.1 | 2586.0 | 785.19 | 1996.2 | 2781.4 | 2.1875 | 4.3572 | 6.5447 |
| 190 | 1255.2 | 0.001141 | 0.15636 | 806.00 | 1783.0 | 2589.0 | 807.43 | 1977.9 | 2785.3 | 2.2355 | 4.2705 | 6.5059 |
| 195 | 1398.8 | 0.001149 | 0.14089 | 828.18 | 1763.6 | 2591.7 | 829.78 | 1959.0 | 2788.8 | 2.2831 | 4.1847 | 6.4678 |
| 200 | 1554.9 | 0.001157 | 0.12721 | 850.46 | 1743.7 | 2594.2 | 852.26 | 1939.8 | 2792.0 | 2.3305 | 4.0997 | 6.4302 |

Entalpía

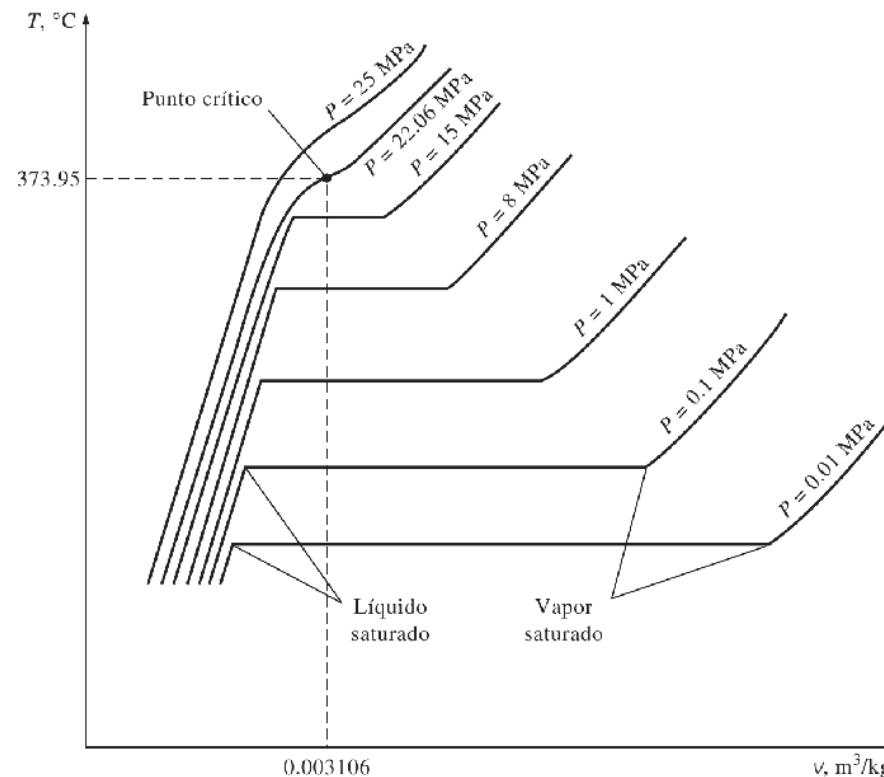
- En estas tablas ha aparecido una nueva cantidad denotada h y llamada entalpía.
- En muchos procesos, en especial de generación de potencia y refrigeración, aparece la combinación $u + P\nu$.
- Esto nos motiva a definir la **entalpía** h y la **entalpía total** H

$$h = u + P\nu, \quad H = U + PV.$$

- La entalpía total tiene **unidades de energía**.
- Mide la **cantidad de energía** que un sistema **puede intercambiar** con su entorno.

Entalpía de saturación

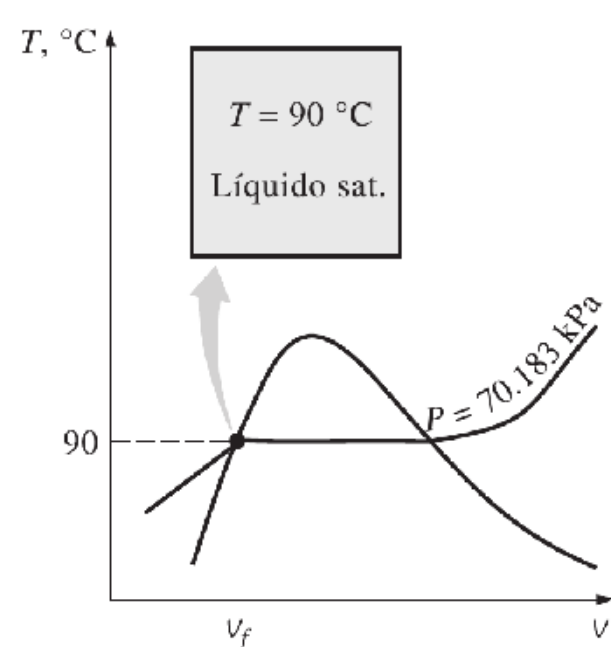
- La **entalpía de saturación** h_{fg} corresponde a la **energía necesaria para evaporar una masa** de líquido a temperaturas y presiones determinadas.
- **Disminuye al aumentar la presión** y se vuelve **cero sobre el punto crítico**.



Ejemplo 1:

- Un recipiente rígido contiene **50 kg** de **agua líquida saturada** a **90 °C**. Determine la **presión** en el recipiente y el **volumen** del mismo.

| Temp. sat. °C T | Pres. sat. kPa P_{sat} | Volumen específico m ³ /kg | |
|-------------------------|---------------------------------------|--|-----------------------|
| | | Líquido sat. ν_f | Vapor sat. ν_g |
| 85 | 57.868 | 0.001032 | 2.8261 |
| 90 | 70.183 | 0.001036 | 2.3593 |
| 95 | 84.609 | 0.001040 | 1.9808 |



Ejemplo 1:

- Un recipiente rígido contiene **50 kg** de **agua líquida saturada** a **90 °C**. Determine la **presión** en el recipiente y el **volumen** del mismo.

| Temp. sat. °C T | Pres. sat. kPa P_{sat} | Volumen específico m ³ /kg | |
|-------------------------|---------------------------------------|--|-----------------------|
| | | Líquido sat. ν_f | Vapor sat. ν_g |
| 85 | 57.868 | 0.001032 | 2.8261 |
| 90 | 70.183 | 0.001036 | 2.3593 |
| 95 | 84.609 | 0.001040 | 1.9808 |

De la figura vemos que el agua saturada está a una presión:

$$P_{\text{sat}} = 70.183 \text{ kPa}$$

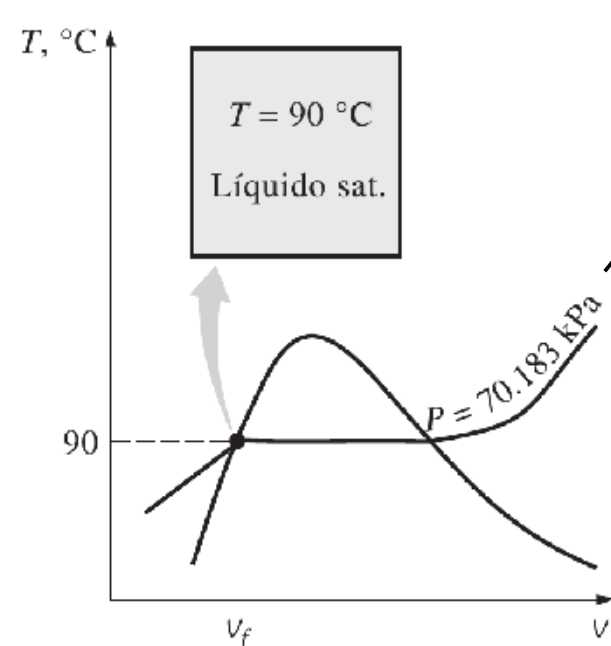
De la tabla, el volumen específico:

$$\nu_{\text{sat}} = 0.001036 \text{ m}^3/\text{kg}$$

El volumen total:

$$V_{\text{sat}} = m\nu_{\text{sat}} = 50 \text{ kg } 0.001036 \text{ m}^3/\text{kg}$$

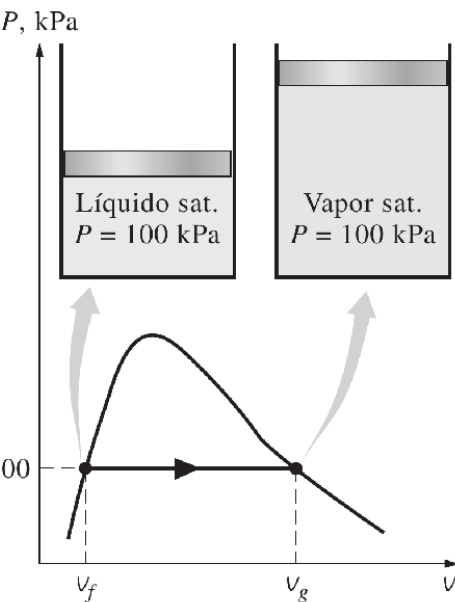
$$\longrightarrow V_{\text{sat}} = 0.0518 \text{ m}^3$$



Ejemplo 2:

- Una masa de 200 gramos de agua líquida saturada se evapora por completo a una presión constante de 100 kPa. Determine el cambio de volumen y la cantidad de energía transferida al agua.

| Agua saturada: Tabla de propiedades | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|----------|----------|------------------------------|----------|----------|---------------------|----------|----------|------------------|----------|----------|
| Temperatura T, °C | | | Entalpía específica kJ/kg | | | Entropía kJ/kg·K | | | Energía kJ/kg | | |
| | | | líq. | vapor | líq. | vapor | líq. | vapor | líq. | vapor | líq. |
| P, kPa | | | sat. | sat. | sat. | sat. | sat. | sat. | sat. | sat. | sat. |
| x | | | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| 1.0 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 |
| 1.5 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 |
| 2.0 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 |
| 2.5 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 |
| 3.0 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 |
| 4.0 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 |
| 5.0 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 |
| 7.5 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 |
| 10 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 |
| 15 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 |
| 20 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 |
| 25 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 |
| 30 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 |
| 40 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 |
| 50 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 |
| 75 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 |
| 100 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 |
| 150 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 |
| 200 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 |
| 250 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 |
| 300 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 |
| 400 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 |
| 500 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 |
| 600 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 |
| 700 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 |
| 800 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 |
| 900 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 |
| 1000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 | 0.001000 |



Ejemplo 2:

- Una masa de **200 gramos** de **agua líquida saturada** se **evapora por completo** a una **presión constante de 100 kPa**. Determine el **cambio de volumen** y la **cantidad de energía transferida al agua**.

Agua saturada. Tabla de presiones

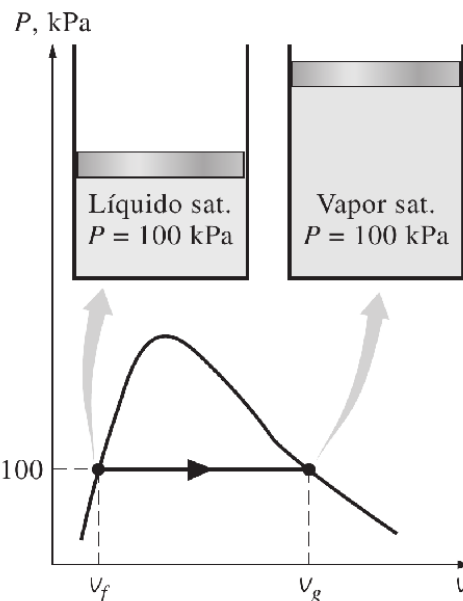
| Pres., P kPa | Entalpías específicas, kJ/kg | | | | | Entalpías, kJ/kg | | | | | Entalpías, kJ/kg | | | | |
|-----------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|--|--|--|
| | Líquido sat., u _f | Vapor sat., u _g | Líquido sat., u _f | Vapor sat., u _g | Líquido sat., u _f | Vapor sat., u _g | Líquido sat., u _f | Vapor sat., u _g | Líquido sat., u _f | Vapor sat., u _g | Líquido sat., u _f | Vapor sat., u _g | | | |
| 0.01 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | | | |
| 1.0 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | | | |
| 10 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | | | |
| 100 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | | | |
| 1000 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | | | |
| 10000 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | | | |

Agua saturada. Tabla de presiones

| Pres., P kPa | Temp. sat., T _{sat} °C | Volumen específico, m³/kg | |
|-----------------|------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| | | Líquido sat., v _f | Vapor sat., v _g |
| 0.01 | 0.001 | 0.001 | 0.001 |
| 1.0 | 0.001 | 0.001 | 0.001 |
| 10 | 0.001 | 0.001 | 0.001 |
| 100 | 99.61 | 0.001043 | 1.6941 |
| 1000 | 179.95 | 0.001043 | 1.6941 |
| 10000 | 311.06 | 0.001043 | 1.6941 |
| 100000 | 507.01 | 0.001043 | 1.6941 |

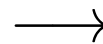
De la tabla, a 100 kPa tenemos:

$$\Delta \nu = \nu_g - \nu_f = (1.6941 - 0.001043) \text{ m}^3/\text{kg} = 1.693057 \text{ m}^3/\text{kg}$$



El cambio de volumen total:

$$\Delta V = m \Delta \nu = 0.2 \text{ kg } 1.693057 \text{ m}^3/\text{kg}$$



$$\Delta V = 0.3386 \text{ m}^3$$

Ejemplo 2:

- Una masa de **200 gramos** de **agua líquida saturada** se **evapora por completo** a una **presión constante de 100 kPa**. Determine el **cambio de volumen** y la **cantidad de energía transferida al agua**.

Agua saturada. Tabla de presiones

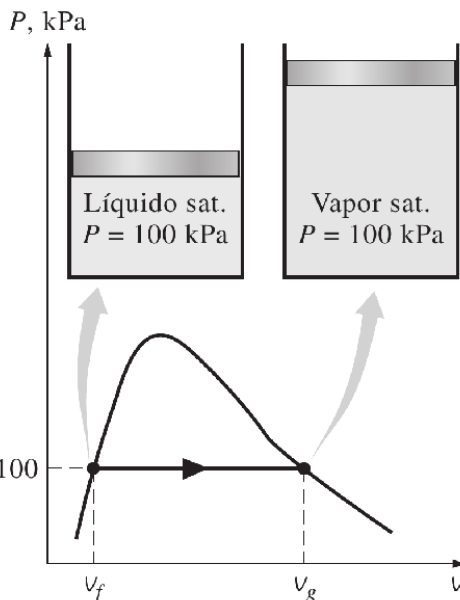
| Pres. MPa kPa | Temperatura, °C | | Energía interna, kJ/kg | | Entalpía, kJ/kg | | Entropía, kJ/kg·K | |
|---------------------|-----------------|-----------|------------------------|--------|-----------------|--------|-------------------|--------|
| | Líquido | Vapor | Líquido | Vapor | Líquido | Vapor | Líquido | Vapor |
| T_{sat} | T_{sat} | T_{sat} | u_f | u_g | h_f | h_g | s_f | s_g |
| 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 |
| 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 |
| 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 |
| 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.30 |
| 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 |
| 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 |
| 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 |
| 0.70 | 0.70 | 0.70 | 0.70 | 0.70 | 0.70 | 0.70 | 0.70 | 0.70 |
| 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 |
| 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 |
| 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 1.20 | 1.20 | 1.20 | 1.20 | 1.20 | 1.20 | 1.20 | 1.20 | 1.20 |
| 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.50 |
| 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 |
| 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 |
| 4.00 | 4.00 | 4.00 | 4.00 | 4.00 | 4.00 | 4.00 | 4.00 | 4.00 |
| 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 |
| 6.00 | 6.00 | 6.00 | 6.00 | 6.00 | 6.00 | 6.00 | 6.00 | 6.00 |
| 7.00 | 7.00 | 7.00 | 7.00 | 7.00 | 7.00 | 7.00 | 7.00 | 7.00 |
| 8.00 | 8.00 | 8.00 | 8.00 | 8.00 | 8.00 | 8.00 | 8.00 | 8.00 |
| 9.00 | 9.00 | 9.00 | 9.00 | 9.00 | 9.00 | 9.00 | 9.00 | 9.00 |
| 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 |
| 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 |
| 20.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 |
| 30.00 | 30.00 | 30.00 | 30.00 | 30.00 | 30.00 | 30.00 | 30.00 | 30.00 |
| 40.00 | 40.00 | 40.00 | 40.00 | 40.00 | 40.00 | 40.00 | 40.00 | 40.00 |
| 50.00 | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 50.00 |
| 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 |
| 70.00 | 70.00 | 70.00 | 70.00 | 70.00 | 70.00 | 70.00 | 70.00 | 70.00 |
| 80.00 | 80.00 | 80.00 | 80.00 | 80.00 | 80.00 | 80.00 | 80.00 | 80.00 |
| 90.00 | 90.00 | 90.00 | 90.00 | 90.00 | 90.00 | 90.00 | 90.00 | 90.00 |
| 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |

Agua saturada. Tabla de presiones

| Pres., P kPa | Temp. sat., T _{sat} °C | Entalpía, kJ/kg | | |
|-----------------|---------------------------------------|----------------------------------|---------------------------|----------------------------------|
| | | Líqu. sat., h _f | Evap., h _{fg} | Vapor sat., h _g |
| 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 |
| 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 |
| 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 |
| 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.30 |
| 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 | 0.40 |
| 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 |
| 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 |
| 0.70 | 0.70 | 0.70 | 0.70 | 0.70 |
| 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 |
| 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 |
| 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 1.20 | 1.20 | 1.20 | 1.20 | 1.20 |
| 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.50 |
| 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 |
| 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 |
| 4.00 | 4.00 | 4.00 | 4.00 | 4.00 |
| 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 |
| 6.00 | 6.00 | 6.00 | 6.00 | 6.00 |
| 7.00 | 7.00 | 7.00 | 7.00 | 7.00 |
| 8.00 | 8.00 | 8.00 | 8.00 | 8.00 |
| 9.00 | 9.00 | 9.00 | 9.00 | 9.00 |
| 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 |
| 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 |
| 20.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 |
| 30.00 | 30.00 | 30.00 | 30.00 | 30.00 |
| 40.00 | 40.00 | 40.00 | 40.00 | 40.00 |
| 50.00 | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 50.00 |
| 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 |
| 70.00 | 70.00 | 70.00 | 70.00 | 70.00 |
| 80.00 | 80.00 | 80.00 | 80.00 | 80.00 |
| 90.00 | 90.00 | 90.00 | 90.00 | 90.00 |
| 100.00 | 99.61 | 417.51 | 2257.5 | 2675.0 |

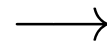
La energía transferida corresponde a la entalpía de evaporación a 100 kPa:

$$h_{fg} = 2257.5 \text{ kJ/kg}$$



La energía transferida total:

$$H_{fg} = m h_{fg} = 0.2 \text{ kg } 2257.5 \text{ kJ/kg}$$



$$H_{fg} = 461.5 \text{ kJ}$$

Resumen

- Hemos revisado distintos tipos de **diagrama de propiedades** para visualizar las **fases de la materia** y sus **transiciones**.
- Comenzamos a revisar las **tablas termodinámicas** en el caso de **líquidos y vapores saturados**.
- Definimos la entalpía.
- Próxima clase:
 - Tablas termodinámicas (continuación).