

APÉNDICES

APENDICE A – Velocidad de transmisión de vapor de agua (VTVA)

Velocidad de transmisión de vapor de agua en la película Cryovac delgada a 5° C

| Incremento en peso | | | | | |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|----------|---------------------|
| Tiempo (hrs) | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 | Promedio | Desviación estándar |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 0.014467 | 0.011033 | 0.0127 | 0.012733 | 0.002942 |
| 12 | 0.019667 | 0.016 | 0.017967 | 0.017878 | 0.004256 |
| 24 | 0.0405 | 0.0282 | 0.0248 | 0.031167 | 0.012317 |
| 36 | 0.045833 | 0.0381 | 0.0333 | 0.039078 | 0.014001 |
| 48 | 0.056167 | 0.053 | 0.041367 | 0.047844 | 0.010963 |

Velocidad de transmisión de vapor de agua en la película Cryovac gruesa a 5° C

| Incremento en peso | | | | | |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|----------|---------------------|
| Tiempo (hrs) | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 | Promedio | Desviación estándar |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 0.0191 | 0.015767 | 0.019933 | 0.018267 | 0.003391 |
| 12 | 0.024467 | 0.023633 | 0.02791 | 0.025337 | 0.004593 |
| 24 | 0.046733 | 0.0337 | 0.034833 | 0.038422 | 0.008208 |
| 36 | 0.0598 | 0.046933 | 0.040367 | 0.049033 | 0.011341 |
| 48 | 0.070567 | 0.061967 | 0.047533 | 0.060022 | 0.011609 |

Velocidad de transmisión de vapor de agua en la película Nybar a 5° C

| Incremento en peso | | | | | |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|----------|---------------------|
| Tiempo (hrs) | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 | Promedio | Desviación estándar |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 0.024133 | 0.013933 | 0.017867 | 0.018644 | 0.005762 |
| 12 | 0.031667 | 0.0202 | 0.0272 | 0.026356 | 0.005997 |
| 24 | 0.0527 | 0.033767 | 0.038367 | 0.041611 | 0.010115 |
| 36 | 0.0539 | 0.049467 | 0.043633 | 0.049 | 0.00776 |
| 48 | 0.066933 | 0.067467 | 0.0553 | 0.063233 | 0.00824 |

Velocidad de transmisión de vapor de agua en la película Poliolefina a 5°C

| Incremento en peso | | | | | |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|----------|---------------------|
| Tiempo (hrs) | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 | Promedio | Desviación estándar |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 0.0228 | 0.02746 | 0.0152 | 0.02182 | 0.006188 |
| 12 | 0.033 | 0.03626 | 0.0216 | 0.030287 | 0.007697 |
| 24 | 0.0612 | 0.06506 | 0.049 | 0.05842 | 0.008383 |
| 36 | 0.0753 | 0.09496 | 0.0624 | 0.077553 | 0.016397 |
| 48 | 0.0947 | 0.10486 | 0.0858 | 0.09512 | 0.009537 |

Velocidad de transmisión de vapor de agua en la película Cryovac 3 a 5°C

| Incremento en peso | | | | | |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|----------|---------------------|
| Tiempo (hrs) | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 | Promedio | Desviación estándar |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 0.0161 | 0.01785 | 0.0157 | 0.01655 | 0.001472 |
| 12 | 0.0265 | 0.032 | 0.02775 | 0.02875 | 0.007489 |
| 24 | 0.04715 | 0.0548 | 0.0498 | 0.050583 | 0.016206 |
| 36 | 0.06605 | 0.07715 | 0.06885 | 0.070683 | 0.025192 |
| 48 | 0.0846 | 0.09985 | 0.0893 | 0.09125 | 0.035806 |

Velocidad de transmisión de vapor de agua en la película Cryovac delgada a 15°C

| Incremento en peso | | | | | |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|----------|---------------------|
| Tiempo (hrs) | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 | Promedio | Desviación estándar |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 0.0101 | 0.0146 | 0.0104 | 0.0117 | 0.002516 |
| 12 | 0.0204 | 0.0224 | 0.0232 | 0.022 | 0.001442 |
| 24 | 0.0404 | 0.0413 | 0.043 | 0.041567 | 0.00132 |
| 36 | 0.0605 | 0.0598 | 0.0591 | 0.0598 | 0.0007 |
| 48 | 0.0715 | 0.0777 | 0.0797 | 0.0763 | 0.004276 |

Velocidad de transmisión de vapor de agua en la película Cryovac gruesa a 15°C

| Incremento en peso | | | | | |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|----------|---------------------|
| Tiempo (hrs) | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 | Promedio | Desviación estándar |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 0.0149 | 0.0209 | 0.0262 | 0.020667 | 0.005654 |
| 12 | 0.034 | 0.0312 | 0.0281 | 0.0311 | 0.002951 |
| 24 | 0.0431 | 0.0482 | 0.0433 | 0.044867 | 0.002888 |
| 36 | 0.0644 | 0.0672 | 0.0648 | 0.065467 | 0.001514 |
| 48 | 0.1036 | 0.0932 | 0.1044 | 0.1004 | 0.006248 |

Velocidad de transmisión de vapor de agua en la película Nybar a 15°C

| Incremento en peso | | | | | |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|----------|---------------------|
| Tiempo (hrs) | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 | Promedio | Desviación estándar |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 0.0142 | 0.013 | 0.01935 | 0.015517 | 0.004801 |
| 12 | 0.04495 | 0.0533 | 0.04375 | 0.047333 | 0.016709 |
| 24 | 0.0549 | 0.0683 | 0.06925 | 0.06415 | 0.018586 |
| 36 | 0.07385 | 0.0881 | 0.10275 | 0.088233 | 0.018296 |
| 48 | 0.0915 | 0.0983 | 0.1232 | 0.104333 | 0.024852 |

Velocidad de transmisión de vapor de agua en la película Poliolefina a 15°C

| Incremento en peso | | | | | |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|----------|---------------------|
| Tiempo (hrs) | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 | Promedio | Desviación estándar |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 0.0169 | 0.0187 | 0.0169 | 0.0175 | 0.001039 |
| 12 | 0.0331 | 0.0382 | 0.0342 | 0.035167 | 0.002684 |
| 24 | 0.0615 | 0.0694 | 0.0642 | 0.065033 | 0.004015 |
| 36 | 0.0898 | 0.0983 | 0.0914 | 0.093167 | 0.004517 |
| 48 | 0.1175 | 0.131 | 0.1214 | 0.1233 | 0.006948 |

Velocidad de transmisión de vapor de agua en la película Cryovac 3 a 15°C

| Incremento en peso | | | | | |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|----------|---------------------|
| Tiempo (hrs) | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 | Promedio | Desviación estándar |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 0.0307 | 0.0368 | 0.03518 | 0.034227 | 0.00316 |
| 12 | 0.0518 | 0.0612 | 0.0571 | 0.0567 | 0.004713 |
| 24 | 0.0759 | 0.0727 | 0.0863 | 0.0783 | 0.007111 |
| 36 | 0.1234 | 0.1021 | 0.1169 | 0.114133 | 0.010916 |
| 48 | 0.1502 | 0.1404 | 0.1463 | 0.145633 | 0.004934 |

Velocidad de transmisión de vapor de agua en la película Cryovac delgada a 25°C

| Incremento en peso | | | | | |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|----------|---------------------|
| Tiempo (hrs) | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 | Promedio | Desviación estándar |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 0.0108 | 0.0116 | 0.0131 | 0.011833 | 0.001168 |
| 12 | 0.0256 | 0.0274 | 0.0249 | 0.025967 | 0.00129 |
| 24 | 0.0542 | 0.063 | 0.054 | 0.057067 | 0.005139 |
| 36 | 0.0812 | 0.0972 | 0.0821 | 0.086833 | 0.008989 |
| 48 | 0.1142 | 0.1405 | 0.1149 | 0.1232 | 0.014986 |

Velocidad de transmisión de vapor de agua en la película Cryovac gruesa a 25°C

| Incremento en peso | | | | | |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|----------|---------------------|
| Tiempo (hrs) | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 | Promedio | Desviación estándar |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 0.0137 | 0.0251 | 0.0181 | 0.018967 | 0.005749 |
| 12 | 0.0294 | 0.0583 | 0.0443 | 0.044 | 0.014452 |
| 24 | 0.0626 | 0.1285 | 0.0942 | 0.0951 | 0.032959 |
| 36 | 0.0934 | 0.1947 | 0.1389 | 0.142333 | 0.050737 |
| 48 | 0.1324 | 0.2759 | 0.1971 | 0.2018 | 0.071865 |

Velocidad de transmisión de vapor de agua en la película Nybar a 25°C

| Incremento en peso | | | | | |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|----------|---------------------|
| Tiempo (hrs) | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 | Promedio | Desviación estándar |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 0.0187 | 0.0223 | 0.016 | 0.019 | 0.003161 |
| 12 | 0.0364 | 0.0488 | 0.0318 | 0.039 | 0.008793 |
| 24 | 0.0835 | 0.1162 | 0.0717 | 0.090467 | 0.023053 |
| 36 | 0.125 | 0.1743 | 0.1067 | 0.135333 | 0.034965 |
| 48 | 0.168 | 0.2363 | 0.1433 | 0.182533 | 0.048173 |

Velocidad de transmisión de vapor de agua en la película Poliolefina a 25°C

| Incremento en peso | | | | | |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|----------|---------------------|
| Tiempo (hrs) | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 | Promedio | Desviación estándar |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 0.0281 | 0.0283 | 0.0291 | 0.0285 | 0.000529 |
| 12 | 0.0575 | 0.0584 | 0.0617 | 0.0592 | 0.002211 |
| 24 | 0.1334 | 0.1362 | 0.124526 | 0.131375 | 0.006095 |
| 36 | 0.1988 | 0.2019 | 0.2116 | 0.2041 | 0.006678 |
| 48 | 0.2682 | 0.2696 | 0.2827 | 0.2735 | 0.007998 |

Velocidad de transmisión de vapor de agua en la película Cryovac 3 a 25°C

| Incremento en peso | | | | | |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|----------|---------------------|
| Tiempo (hrs) | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 | Promedio | Desviación estándar |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 0.0262 | 0.0202 | 0.0245 | 0.023633 | 0.006618 |
| 12 | 0.05545 | 0.0427 | 0.05255 | 0.050233 | 0.013019 |
| 24 | 0.1225 | 0.09535 | 0.107163 | 0.108338 | 0.031366 |
| 36 | 0.18055 | 0.139 | 0.17095 | 0.1635 | 0.052491 |
| 48 | 0.24125 | 0.18525 | 0.2275 | 0.218 | 0.070969 |

Cálculo de la energía de activación y de la constante de VTVA ($VTVA^\circ$) para 6 películas poliméricas

| Película | VTVA (g/m ² día) | 1/T (1/K) | ln VTVA | Ecuación | E _{VTVA} (kcal/mol) | ln VTVA [°] |
|-----------------|-----------------------------|-----------|---------|--|------------------------------|----------------------|
| Cryovac delgada | 9.09 | 0.0036 | 2.08 | Y=- 3960.4 X + 16 R ² = 0.9991 | 7.83 | 16 |
| | 16.16 | 0.0034 | 2.47 | | | |
| | 26.26 | 0.00327 | 3.25 | | | |
| Cryovac gruesa | 12.12 | 0.0036 | 2.49 | Y=-5176.5 X+ 21 R ² =0.9705 | 10.23 | 21 |
| | 19.19 | 0.0034 | 2.97 | | | |
| | 42.42 | 0.00327 | 3.75 | | | |
| Nybar | 12.12 | 0.0036 | 2.60 | Y= -4882.5 X+ 20 R ² =0.9976 | 9.65 | 20 |
| | 21.21 | 0.0034 | 2.92 | | | |
| | 39.4 | 0.00327 | 3.66 | | | |
| Poliiolefina | 19.19 | 0.0036 | 2.97 | Y= -4598.5 X +19 R ² =0.9096 | 9.09 | 19 |
| | 25.25 | 0.0034 | 3.24 | | | |
| | 58.59 | 0.00327 | 4.07 | | | |

| | | | | | | |
|-----------|-------|---------|------|---|-----|----|
| Cryovac 3 | 21.21 | 0.0036 | 2.47 | Y= -3240.1 X + 14 R ² =0.9705 | 6.4 | 14 |
| | 28.28 | 0.0034 | 3.54 | | | |
| | 46.46 | 0.00327 | | | | |

El grafico de ln VTVA contra tiempo genera una recta con pendiente igual a $-E_{VTVA} / R$ y un intercepto igual a $VTVA^{\circ}$.

Como $R= 8.314E-03$ KJ/K mol y $1KJ= 0.238$ kcal

Calculamos para cada una de las ecuaciones de la siguiente manera.

Ecuación para Cryovac delgada

$$Y=-3960.4 X +16$$

$$E_{VTVA} = (3960.4) * (8.314E-03) * (0.238)$$

$$E_{VTVA}=7.83 \text{ kcal/mol}$$

(Lozada, 2001)