

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MATERIALES



**“ESTUDIO DE LA DEGRADACIÓN POR RADIACIÓN UV EN TUBOS
COMERCIALES DE PVC EN LA CIUDAD DE AREQUIPA”**

Tesis Presentado por los bachilleres:

RODRIGUEZ PINTO VANIA ANDREA
URETA TAPIA GEORGE

Para optar el Título Profesional de

INGENIEROS DE MATERIALES

Asesor:

**ING. HÉCTOR BARTOLOME VARGAS
CARDENAS**

AREQUIPA – PERÚ

2019

DEDICATORIA

ii

Primeramente, a Dios como eje principal y fundamental en nuestra vida, por guiar cada uno de nuestros pasos.

A nuestros padres Lorena Pinto, Elmer Rodríguez, Jorge Ureta y Gaby Tapia, por estar siempre a nuestro lado y apoyarnos en todo momento, gracias a su ejemplo nos han hecho personas íntegras y son el motor fundamental en nuestro desarrollo personal y profesional.

A nuestros hermanos por su apoyo incondicional y ser ejemplo de perseverancia en la búsqueda de cumplir todos nuestros objetivos.

A nuestras familias, porque sin ellos no estaríamos en donde estamos, porque solo con su amor, su paciencia, su coraje, su dedicación y sobre todo su fuerza no seríamos lo que somos ahora.

VANIA ANDREA RODRIGUEZ PINTO
GEORGE URETA TAPIA

AGRADECIMIENTO

iii

A nuestro asesor Ing. Héctor Bartolome Vargas Cardenas por su apoyo, ayuda y orientación durante el desarrollo de la tesis.

A nuestros docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería de Materiales, por compartirnos sus conocimientos, experiencias a lo largo de nuestra preparación.

A Howard Gallegos por su apoyo durante la etapa de desarrollo del presente trabajo, como parte de las labores de laboratorio.

Una Tesis Presentada Para Obtener El Título De
Ingenieros de Materiales
Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa
George Ureta Tapia & Vania Andrea Rodriguez Pinto.

2019.

Copyright © 2019 por George Ureta Tapia & Vania Andrea Rodriguez Pinto.
Todos los derechos reservados.

SEÑOR DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA DE PROCESOS DE LA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA

SEÑORES MIEMBROS DEL JURADO

En cumplimiento con las disposiciones del reglamento de grados y títulos de la carrera Profesional de Ingeniería de Materiales y con el propósito de optar el título profesional de Ingeniero de Materiales, pongo a vuestra consideración el presente trabajo titulado:

“ESTUDIO DE LA DEGRADACIÓN POR RADIACIÓN UV EN TUBOS COMERCIALES
DE PVC EN LA CIUDAD DE AREQUIPA”

El presente trabajo de investigación consiste en determinar la degradación de distintos tubos de PVC que se encuentran disponibles en el mercado mediante exposición continua de radiación UV con lámpara germicida, y comparar el efecto de la foto degradación mediante ensayos destructivos.

El presente trabajo se encuentra dividido en cuatro capítulos; en el primer capítulo se plantea el problema, la hipótesis, los objetivos generales y específicos, así como la justificación; en el segundo capítulo se presenta el marco conceptual.

En el tercer capítulo se describe toda la parte experimental y los procedimientos que se realizaron para realizar la investigación.

En el cuarto capítulo se presentan los resultados y discusión de la parte experimental desarrollada en el capítulo III. Para finalmente cerrar el trabajo de tesis con las conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos correspondientes.

Bachilleres: George Ureta Tapia
Vania Andrea Rodriguez Pinto

The influence of ultraviolet radiation in Arequipa is one of the highest in the world, which generates the degradation of materials used in construction and in other applications that are continuously exposed to solar radiation. It is well known that the UV-B content of sunlight affects negatively the mechanical properties of materials, limiting them in a notorious way, in some cases, their useful life.

In this work we will show the effect of UV radiation. about poly (chloride) of vinyl), extruded in tubes of different brands. The action of U.V radiation aging has been followed for a certain number of hours, checking the changes produced in the composition of the material, mechanical characteristics.

The results that will be obtained must in some way predict the behavior of the materials of interest.

La influencia de la radiación ultravioleta en Arequipa es una de las más altas a nivel mundial, la cual genera la degradación de materiales empleados en la construcción y en otras aplicaciones que se encuentran expuestos en forma continua a la radiación solar. Es bien sabido que el contenido de UV- B de la luz solar afecta negativamente en las propiedades mecánicas de los materiales, limitándolos notoriamente, en algunos casos su vida útil.

En este trabajo pondremos de manifiesto el efecto de las radiaciones UV. sobre el poli (cloruro de vinilo), extruido en tubos de distintas marcas. La acción del envejecimiento por radiaciones U. V. se ha seguido a lo largo una determinada cantidad de horas, comprobando las alteraciones producidas en la composición del material, características mecánicas.

Los resultados que se obtendrán deberán de alguna manera predecir el comportamiento de los materiales de interés.

Capítulo I.....	1
Aspectos Generales	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Planteamiento del problema	2
1.3 Hipótesis.....	2
1.4 Objetivos	3
1.4.1 Objetivo General	3
1.4.2 Objetivos Específicos.....	3
1.5 Justificación.....	3
Capítulo II	4
2.1 El Policloruro De Vinilo	4
2.1.1 La química y estructura del PVC	5
2.1.2 Materias primas del PVC	6
2.2 Tipos de degradación del PVC.....	7
2.2.1 Degradación por radiaciones	8
2.2.2 Degradación mecánica	9
2.3 Radiación UV	9
2.3.1 Clasificación de radiación UV	10
2.3.2 Radiación UV en Arequipa	11
2.4 Cámara de degradación	15
2.5 Ensayos destructivos	16
2.5.1 Ensayo de tracción.....	16
2.6 NORMAS.....	20
Capítulo III	21
3.1 Materiales y equipos.....	21
3.1.1 Probetas	21
3.1.2. Sacabocado para probetas	24
3.1.3 Caja de metal para cámara de degradación	25
3.1.4 Lámpara UV e instalación.....	25
3.1.5 Sensores con sistema arduino.....	27
3.1.5 Máquina de ensayos de tracción.....	31
3.1.6 Durómetro: Shore D	32
3.2 Cámara de degradación por rayos UV	33
3.3 Procedimientos realizados.....	34
3.3.1 Elaborar la cámara de degradación	34
3.3.2 Instalar los sensores en la cámara de degradación	35
3.3.3 Tomar muestras de los tubos comerciales.....	35
3.3.4 Someterlas a radiación UV mediante la cámara de degradación.	36
3.3.5 Observar la degradación producida.....	37
3.3.6 Realizar ensayo destructivo de tracción en las probetas	37
3.3.7 Realizar ensayo de dureza en las probetas	38
3.2 Declaración de variables.....	40
3.3 Ensayo destructivo: tracción y dureza.....	40
3.4 Degradación superficial de PVC	57

Capítulo IV	63	ix
4.1 Análisis superficial de degradación.....	63	
4.2 Análisis de ensayo de tracción	66	
4.3 Comparación de los resultados.....	71	
Conclusiones	78	
Recomendaciones.....	79	
Referencias	80	
Anexos.....	82	
Lámpara germicida UV de 30W	87	

Lista de tablas

x

Tabla 1: Radiación durante el año a distintas horas del día -----	12
Tabla 2: La más alta resolución del recurso de energía estimado -----	14
Tabla 3: Tiempo de exposición de radiación UV -----	36
Tabla 4: Lecturas de durezas -----	39
Tabla 5: Decoloramiento del PVC expuesto a radiación UV (MI) -----	63
Tabla 6: Decoloramiento del PVC expuesto a radiación UV (ML) -----	64
Tabla 7: Decoloramiento del PVC expuesto a radiación UV (MN) -----	65
Tabla 8: Decoloramiento del PVC expuesto a radiación UV (MP) -----	66
Tabla 9: Propiedades de la marca MI a distintos tiempos de exposición de radiación UV -----	67
Tabla 10: Propiedades de la marca ML a distintos tiempos de exposición de radiación UV -----	68
Tabla 11: Propiedades de la marca MN a distintos tiempos de exposición de radiación UV -----	69
Tabla 12: Propiedades de la marca MP a distintos tiempos de exposición de radiación UV -----	70

Figura 1: ESPECTRO DE RADIACIÓN SOLAR	10
Figura 2: CLASIFICACIÓN DE LA RADIACIÓN UV	11
Figura 3: GLOBAL HORIZONTAL/ BEAM NORMAL/ DIFFUSE HORIZONTAL	12
Figura 4: CURVA DE RADIACIÓN EN AREQUIPA	13
Figura 5: TIPOS DE PROBETA.....	18
Figura 6: DIAGRAMA ESFUERZO-DEFORMACIÓN	18
Figura 7: PROCESO DE DEFORMACIÓN.....	19
Figura 8: PROBETAS ISO 20753	21
Figura 9: PVC-INYECTOPLAST	22
Figura 10: PVC- PLASTISUR.....	22
Figura 11: PVC-LOGAREX	23
Figura 12: PVC-NICOLL.....	23
Figura 13: FIGURA SEGÚN NORMA	24
Figura 14: SACAVOCADO.....	24
Figura 15: CAJA METAL.....	25
Figura 16: BALASTRO	25
Figura 17: CEBADOR	26
Figura 18: LAMPARA UV	26
Figura 19: SENSOR UV	27
Figura 20: SENSOR DHT22 – TEMPERATURA HUMEDAD	29
Figura 21: SENSOR DHT22 – TEMPERATURA HUMEDAD	30
Figura 22: ARDUINO UNO R3.....	31
Figura 23: MAQUINA DE ENSAYOS DE TRACCIÓN.....	32
Figura 24: DUROMETRO SHORE D	33
Figura 25: ESQUEMA DE LA CAMARA DE ENSAYOS	34
Figura 26: ELEMENTOS DE LA CAMARA DE ENSAYOS.....	34
Figura 27: SENSORES DENTRO DE LA CAMARA DE ENSAYOS	35
Figura 28: CORTE DE PROBETAS	35
Figura 29: EXPOSICION DE RADIACION UV	36
Figura 30: PROBETAS EXPUESTAS A RADIACION UV	37
Figura 31: ENSAYO DE TRACCION	38
Figura 32: ENSAYO DE TRACCION	38
Figura 33: ENSAYO DE DUREZA.....	39
Figura 34: CURVA ESFUERZO DEFORMACION I-1	41
Figura 35: CURVA ESFUERZO DEFORMACION I-2	42
Figura 36: CURVA ESFUERZO DEFORMACION I-3	43
Figura 37: CURVA ESFUERZO DEFORMACION I-4	44
Figura 38: CURVA ESFUERZO DEFORMACION L-1	45
Figura 39: CURVA ESFUERZO DEFORMACION L-2	46
Figura 40: CURVA ESFUERZO DEFORMACION L-3	47
Figura 41: CURVA ESFUERZO DEFORMACION L-4	48
Figura 42: CURVA ESFUERZO DEFORMACION N-1.....	49
Figura 43: CURVA ESFUERZO DEFORMACION N-2.....	50
Figura 44: CURVA ESFUERZO DEFORMACION N-3.....	51

Figura 45: CURVA ESFUERZO DEFORMACION N-4.....	52	xii
Figura 46: CURVA ESFUERZO DEFORMACION P-1	53	
Figura 47: CURVA ESFUERZO DEFORMACION P-2	54	
Figura 48: CURVA ESFUERZO DEFORMACION P-3	55	
Figura 49: CURVA ESFUERZO DEFORMACION P-4	56	
Figura 50: MI I1	57	
Figura 51: ML L1	57	
Figura 52: MN N1	57	
Figura 53: MP P1	58	
Figura 54: MI I2	58	
Figura 55: ML L2.....	58	
Figura 56: MN N2.....	59	
Figura 57: MP P2	59	
Figura 58: MI I3.....	60	
Figura 59: ML L3.....	60	
Figura 60: MN N3.....	60	
Figura 61: MP P3	61	
Figura 62: MI I4.....	61	
Figura 63: ML L4.....	61	
Figura 64: MN N4.....	62	
Figura 65: MP P4	62	
Figura 66: COMPARACION DE LOS ESFUERZOS MÁXIMOS	71	
Figura 67: COMPARACION DE LOS MODULOS DE YOUNG	72	
Figura 68: COMPARACION DE LOS ESFUERZOS DE ROTURA.....	73	
Figura 69: COMPARACION DE LAS RESILIENCIA	74	
Figura 70: COMPARACION DE LAS TENACIDADES	75	
Figura 71: COMPARACION DE LAS DUCTILIDADES.....	76	
Figura 72: COMPARACION DE LAS DUREZAS.....	77	

Diversos tipos de materiales por su uso, están expuestos a la incidencia continua de radiación solar, sufren una serie de alteraciones que limitan seriamente su vida útil. Una amplia variedad de polímeros sintéticos absorbe dicha radiación solar ultravioleta y como consecuencia de ello, sufren una serie de reacciones que pueden ser fotolíticas, fotooxidativas o termooxidativas, que resultan en la degradación del material (Rabek, 1995)¹. Las modificaciones que sufren pueden ir desde simplemente una decoloración superficial, que incide únicamente en el aspecto estético, hasta una pérdida global de sus propiedades mecánicas, que limitan notoriamente su uso. Este fenómeno es particularmente importante en los plásticos que son generalmente usados como materiales de construcción, para la distribución y almacenamiento de agua, para preservar cultivos, etc. La degradación que pueden sufrir por la incidencia de la radiación, obliga a un recambio más frecuente del esperado o a que deban ser protegidos o fotoestabilizados adecuadamente, lo que implica mayor costo.

Si bien el proceso químico por el cual los polímeros sintéticos se fotodegradan es conocido, este puede modificarse por la presencia de aditivos o impurezas que comúnmente están presentes en los plásticos una vez procesados por extrusión o inyección. Estos aditivos pueden ser pigmentos, fotoestabilizadores, termoestabilizadores, aditivos antiplama, etc. Debido a estas complicaciones, las extrapolaciones de resultados sobre degradación inducida por radiación UV en polímeros puros, difícilmente puedan ser extrapolados a los materiales ya procesados. Por esto es importante basar el estudio del daño por radiación UV en los polímeros ya procesados, con las formulaciones convencionales. Los modos de fotodegradación por radiación UV más importantes en la mayoría de los materiales

¹ Rabek, J.F., Polymer Photodegradation, Chapman and Hall, London, 1995

plásticos son la decoloración por amarillamiento y la pérdida de integridad mecánica y de propiedades ópticas: xiv

Decoloración por amarillamiento: De los polímeros sintéticos, el PVC es el más conocido por su tendencia a sufrir amarillamiento. Este tiene lugar debido a la formación de polienos conjugados, una reacción localizada principalmente en la superficie. La energía de activación para la deshidroclorinación, tiene un coeficiente de temperatura de hasta 18 KJ mol⁻¹, lo que indicaría que este proceso realmente se potencia a altas temperaturas (Owen, 1984)². Si bien en el rango de longitudes de onda correspondientes al UV-A se produce el Amarillamiento, las longitudes de onda superiores a 400 nm, tienden a causar un fotoblanqueo.

Pérdida de integridad mecánica y de propiedades ópticas: Los cambios en las propiedades mecánicas son debidos generalmente a escisión de las cadenas poliméricas y/o entrecruzamiento. El PVC es notablemente mayor en los países en vías de desarrollo. Estimaciones sobre la demanda del mismo durante el período de 1995 al 2001, predicen que el consumo de este material en Asia sería mayor al combinado de EE.UU, Canadá y la Comunidad Europea. Debido a la adición de óxido de titanio en algunas formulaciones, se produce la degradación de este aditivo, lo que provoca que la superficie expuesta, se pulverice, disminuyendo de esta manera el espesor, lo que obviamente conduce a la rotura. También se ven afectados la resistencia a la tensión y la extensibilidad.

El deseo de entender la degradación natural ha impulsado la realización de pruebas de degradación acelerado o artificial, permitiendo así el desarrollo de cámaras de degradación acelerado. Durante el envejecimiento acelerado o artificial el material es sometido a condiciones

² Owen, E.D. , Degradation and stabilization of PVC, Elsevier Applied Science Publishers, New York,1984

extremas, a una velocidad mayor que el proceso de envejecimiento natural. Las pruebas a tener en cuenta se realizarán sometiendo muestras de PVC a dicha cámara de degradación y observar los cambios que puedan generarse para luego ser analizados por el ensayo destructivo de tracción y comparar sus propiedades mecánicas con muestras que no fueron expuestas a la cámara de degradación.

Capítulo I

Aspectos Generales

1.1. Antecedentes

Diversos tipos de materiales, que por su uso están expuestos a la incidencia continua de radiación solar, sufren una serie de alteraciones que limitan seriamente su vida útil. Una amplia variedad de polímeros sintéticos absorbe radiación solar ultravioleta y como consecuencia de ello, sufren una serie de reacciones que pueden ser fotolíticas, fotooxidativas o termooxidativas, que resultan en la degradación del material (Rabek, 1995). Las modificaciones que sufren pueden ir desde simplemente una decoloración superficial, que incide únicamente en el aspecto estético, hasta una pérdida global de sus propiedades mecánicas, que limitan notoriamente su uso. Este fenómeno es particularmente importante en los plásticos que son generalmente usados como materiales de construcción, para la distribución y almacenamiento de agua, para preservar cultivos, etc. La degradación que pueden sufrir por la incidencia de la radiación, obliga a un recambio más frecuente del esperado o a que deban ser protegidos o fotoestabilizados adecuadamente, lo que implica mayor costo.

Nijskenster³, (1993) observaron que la radiación solar no es el único parámetro que influye en el envejecimiento del film y que, sin duda, la humidificación de los materiales (condensación, lluvia) incrementan el proceso de envejecimiento, lo cual explica los distintos comportamientos de los mismos en diferentes lugares geográficos. Los mismos autores en un estudio comparativo de envejecimiento de un film de

³ Nijskenst, J.; Deltour, J.; Albrecht, E.; Gratrud, J. y Feuilloey, P. Estudio comparativo del envejecimiento de un filme de polietileno en laboratorio y en invernadero. Comité International des Plastiques en Agriculture .Francia. 1993, Plasticulture. N° 87 p. 11-20

polietileno en laboratorio y en invernadero concluyeron que la evolución del alargamiento máximo y del esfuerzo máximo son características de las condiciones de envejecimiento. Usando los valores obtenidos de los test fisicomecánicos (tensión y elongación) se observó para diferentes equipos utilizados en el ensayo de laboratorio que la correlación con el envejecimiento en exposición natural, es diferente (Ramírez *et al*, 1995).⁴

Es difícil llegar a una correlación entre envejecimiento artificial y natural, ya que todos los factores climáticos que afectan el envejecimiento de los films no pueden ser reproducidos fácilmente en condiciones de laboratorio (Orden *et al*, 2000).⁵

1.2. Planteamiento del problema

En la actualidad de Arequipa se vive una intensa radiación UV, la cual degrada los polímeros a gran velocidad, es por eso que el presente trabajo analiza este efecto en tubos comerciales de PVC y su pérdida de propiedades mecánicas e identifica los productos más sensibles a dicha radiación, sometiéndolos a un degradación acelerada en una cámara de degradación de radiación UV, este procedimiento nos permitirá determinar la calidad de las tubos de PVC en el mercado en cuanto a su resistencia a radiación UV, un efecto climático que cada vez es más severo en Arequipa

1.3 Hipótesis

Al exponer las tuberías a los rayos UV, se empezará a degradar y perder propiedades mecánicas, debido a la degradación por la misma exposición.

⁴ Ramirez, E.; Martinez, C.; Sanchez, L. y Balderas, C. Previsión de la duración de la vida útil de los films para la cubierta de invernaderos con la ayuda de diversos equipos de envejecimiento artificial acelerado. Comité International des Plastiques en Agriculture. París, Francia. 1995, Plasticulture. N° 105 ,p. 5-12.

⁵ Orden,S;M.Goldberg; R.Quartino; L. Mascarini; A. Landini; Malleville y L.Bottini , Estudio comparativo entre el ensayo de exposición natural y de envejecimiento acelerado en laboratorio de films de polietilenos para invernaderos Revista Agricultura Tecnica Chile 60(3) p. 295-304

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Evaluar la degradación producida por radiación UV en tubos comerciales de PVC.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Determinar la degradación de las muestras de PVC con la cámara de envejecimiento.
- Comparar las propiedades mecánicas de las muestras PVC.

1.5 Justificación

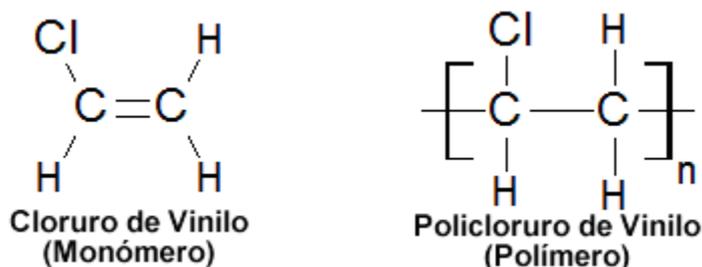
En el presente trabajo se propone el estudio de la foto degradación de tuberías de PVC comerciales, los cuales ayudaran a predecir el tiempo de vida útil, y evitar accidentes o fallas de algún proceso.

Capítulo II

Marco Conceptual

2.1 El Policloruro De Vinilo

El PVC es el producto de la polimerización del monómero de cloruro de vinilo a Poli cloruro de vinilo.



Es un polímero obtenido de dos materias primas naturales cloruro de sodio o sal común (NaCl) (57%) y petróleo o gas natural (43%), siendo por lo tanto menos dependiente de recursos no renovables que otros plásticos. El PVC se presenta en su forma original como un polvo blanco, amorfo y opaco.

La resina que resulta de esta polimerización es la más versátil de la familia de los plásticos; pues además de ser termoplástica, a partir de ella se pueden obtener productos rígidos y flexibles. A partir de procesos de polimerización, se obtienen compuestos en forma de polvo o pellet, plastisoles, soluciones y emulsiones.

Es uno de los polímeros más estudiados y utilizados por el hombre para su desarrollo y confort, dado que por su amplia versatilidad es utilizado en áreas tan diversas como la construcción, energía, salud, preservación de alimentos y artículos de uso diario, entre otros.

Además de su gran versatilidad, el PVC es la resina sintética más compleja y difícil de formular y procesar, pues requiere de un número importante de

ingredientes y un balance adecuado de éstos para poder transformarlo al producto final deseado.

En 1930 B.F. Goodrich Chemical descubre que el PVC absorbe plastificante y que al procesarse se transforma en un producto flexible. Este descubrimiento hizo posible el desarrollo comercial inicial. Posteriormente con el empleo de estabilizadores más adecuados se hizo posible el desarrollo del mercado del PVC rígido; estos dos importantes desarrollos permitieron que el PVC se convirtiera en el termoplástico más versátil e importante del mercado mundial. El desarrollo en tecnología y aplicaciones no ha tenido pausa llegándose en nuestros días a una producción de 25 millones de ton.

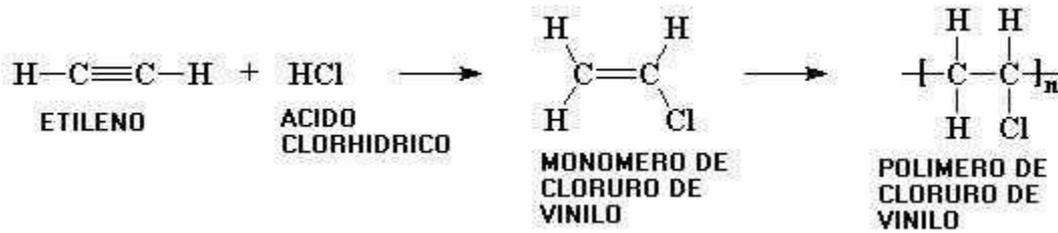
2.1.1 La química y estructura del PVC

Las materias primas de las que deriva el PVC son el petróleo y el cloruro de sodio, más conocido como sal común.

Por electrólisis, de la sal se obtienen cloro y sodio en proporciones fijas:



A base de salmuera disuelta en agua y energía eléctrica se obtiene cloro, sosa cáustica e hidrógeno. El cloruro obtenido por electrólisis sustituye a una parte del hidrógeno contenido en el etileno ($\text{HC}=\text{CH}$), un hidrocarburo insaturado presente en los gases de cracking de productos petroleros, generando, de esta manera, el monómero de cloruro de vinilo con la fórmula empírica ($\text{CH}_2 = \text{CHCl}$) y ácido clorhídrico (H-Cl). Estructuralmente, el PVC es un polímero vinílico. Es producido por medio de una polimerización por radicales libres del cloruro de vinilo.



Para que se realice la polimerización, se han de introducir el monómero de cloruro de vinilo, agua y productos de adición particulares, tales como "catalizadores" o aceleradores de reacción, emulsionantes, dispersantes etc., bajo la acción combinada del calor y del movimiento mecánico. Estos ingredientes además deberán ayudar a controlar la reacción de polimerización que es fuertemente exotérmica para así evitar la degradación del PVC.

2.1.2 Materias primas del PVC

En su composición, el PVC contiene un 57% de cloro, proveniente de la sal común y un 43% de hidrocarburos (gas y/o petróleo). El PVC toma entre el 0,3 y el 0,4% del total de petróleo obtenido en el mundo.

Cloruro de Sodio (Sal común):

Es un recurso prácticamente inagotable, del cual por un proceso electrolítico se obtiene cloro, sosa cáustica e hidrógeno.

Petróleo y/o Gas natural:

A partir de uno de ellos se obtiene el etileno. Etileno y cloro: se combinan para producir etileno diclorado.

Etileno diclorado: se transforma en cloruro de vinilo (VCM) el cual, por un proceso de polimerización y secado produce un polvo blanco inocuo, el policloruro de vinilo (PVC).

Aditivos utilizados en la fabricación de PVC

El policloruro de vinilo (PVC) es un recurso eficiente y versátil con un amplio rango de aplicaciones en todas las áreas de la actividad humana. Todos los polímeros tienen algún tipo de aditivación para facilitar el procesamiento que los llevará al uso o producto final. El PVC no está exento de esta generalización y su versatilidad promueve una utilización más amplia de aditivos. Esto permite lograr desde artículos rígidos (caños, perfiles de ventanas) hasta muy flexibles (contenedores para sueros y sangre); opacos, translúcidos o cristales; pigmentados en la gama de colores que se desee, etc.

2.2 Tipos de degradación del PVC

A pesar de sus múltiples propiedades, los polímeros, como se ha anotado, tienen grandes limitaciones: se funden o descomponen a temperaturas superiores a 200°C, se disuelven o se hinchan en los fluidos orgánicos calientes, aunque algunas de estas desventajas son superadas por los polímeros basados en el silicio. Los materiales no metálicos son, en principio, resistentes al deterioro, en comparación con el acero. En particular son inmunes a la corrosión electroquímica. Los polímeros pueden mostrar una resistencia notable a muchas formas de corrosión; sin embargo, también se degradan en servicio y en ciertas condiciones experimentan deterioro de otras clases: la capacidad de servicio de los plásticos se ve reducida a menudo por el hinchamiento y agrietamiento notables que ocurren en presencia de líquidos orgánicos.

Además, los polímeros son atacados, como se ha insistido, por la oxidación, el ozono, la radiación ultravioleta y la humedad.

La degradación de los polímeros se refiere cambio en las propiedades físicas causada por las reacciones que escinden los enlaces. De acuerdo con el modo de

iniciación, puede ser degradación térmica, mecánica, química, fotoquímica, química radiante y biológica.

Entre los muchos agentes que pueden causar degradación de los polímeros están aquellos con naturaleza física, como las cargas, el calor y la luz, y aquellos que se caracterizan por sus efectos químicos, como la oxidación y la hidrólisis.

2.2.1 Degradación por radiaciones

Las radiaciones alteran las sustancias orgánicas de distintas maneras. En el caso de los polímeros las que más comúnmente los afectan son las radiaciones de alta energía y la luz visible y ultravioleta. Puesto que en su uso común los polímeros están expuestos a estas influencias, en las secciones siguientes se presentarán algunos aspectos fundamentales del efecto de estas radiaciones en la degradación de aquéllos.

2.2.1.1 Foto degradación

La degradación inducida por la luz en los polímeros está relacionada con los cambios producidos por la irradiación con luz visible o ultravioleta.

La mayoría de los polímeros comerciales experimentan reacciones químicas cuando se irradian con luz ultravioleta (UV), porque poseen constituyentes o impurezas capaces de absorberla (grupos cromofóricos). Este hecho es fundamental porque la luz solar que llega a la tierra tiene en su espectro una porción que incluye la región UV. Por eso cuando los polímeros orgánicos se exponen a la intemperie experimentan fotorreacciones que, en general son dañinas pues los hacen frágiles y se decoloran.

Las reacciones fotoquímicas esenciales en los polímeros incluyen la escisión de las cadenas principales, el entrecruzamiento, la generación de grupos no saturados

y el clivaje de grupos laterales, que dan como resultado la formación de productos volátiles.

2.2.2 Degradación mecánica

La degradación inducida mecánicamente tiene que ver con los efectos macroscópicos que llevan a la fractura y la deformación producidos por el influjo de fuerzas, así como los cambios químicos inducidos por los esfuerzos mecánicos. En los polímeros, la fabricación (mezclado, molido, laminación, estirado, procesamiento en extrusoras, etc.) y los procesos de modificación (corte, serruchado, limado, taladrado, torneado, fresado, etc.) imponen tensiones y deformaciones. La deformación también se impone a los polímeros cuando los artículos de plástico se someten a fuerzas de tracción o cizalladura.

2.3 Radiación UV

La radiación que recibe la tierra proviene del Sol, esta radiación comprende una gama continua y muy extensa de longitudes de onda que van desde los rayos gamma a las ondas de radio, pasando por los rayos X, ultravioleta (UV), visible infrarrojo (IR) y microondas.

La radiación ultravioleta (UV) cuya longitud de onda está comprendida aproximadamente entre los 400 nm y los 100 nm tiene una longitud de onda más corta que la luz visible., Figura 1

La radiación de longitud de onda entre 100 y 300 nm se conoce como ultravioleta lejano o de vacío. Comúnmente proviene del Sol o de lámparas de descarga gaseosa. El oxígeno y el nitrógeno de la atmósfera absorben la radiación ultravioleta lejana proveniente del Sol, transformando su energía en reacciones fotoquímicas e impidiendo, en consecuencia, que llegue a la superficie terrestre, donde imposibilitaría la existencia de la vida.

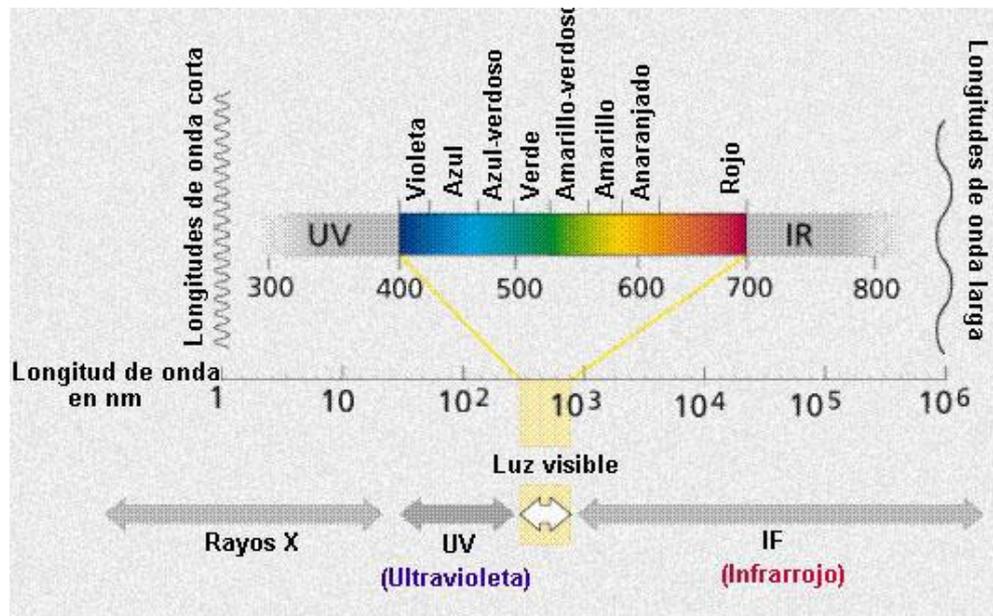


Figura 1: ESPECTRO DE RADIACIÓN SOLAR
Fuente: Ruth Lucía Díaz Ramón

2.3.1 Clasificación de radiación UV

Los rayos solares, conocidos también como rayos ultravioletas (UV) son invisibles al ojo humano y se clasifican de acuerdo a su longitud de onda, que es medida en nanómetros (nm). Cabe destacar que entre más corta es la onda, más intensa es la energía de los rayos solares. Este espectro se puede subdividir en tres zonas, Figura 2.4.

La radiación tipo UV-A; que comprenden la radiación solar menos nociva. La longitud de esta onda se encuentra entre los 320 y 400 nm y la mayoría de estos rayos llega a la superficie terrestre;

La radiación tipo UV-B, o los rayos de onda media; la longitud de esta onda se encuentra entre 290 y 320 nm., esta energía en gran parte es absorbida por la capa de ozono, pero sin embargo un porcentaje llega a la superficie terrestre; y la radiación tipo UV-C; cuya longitud de onda oscila entre los 200 y 290 nm. Estos rayos son absorbidos por la capa de ozono antes de llegar a la tierra y son potencialmente peligrosos para los seres humanos.

Dicho de una manera específica, cuando la luz solar atraviesa la atmósfera, el ozono, el vapor de agua, el oxígeno y el dióxido de carbono absorben toda la radiación UVC y aproximadamente el 70% de la radiación UVB.

La atmósfera absorbe la radiación UVA en menor medida, entonces, se puede decir que la radiación UV que alcanza la superficie terrestre se compone en su mayor parte de rayos UVA, con una pequeña porción de rayos UVB.

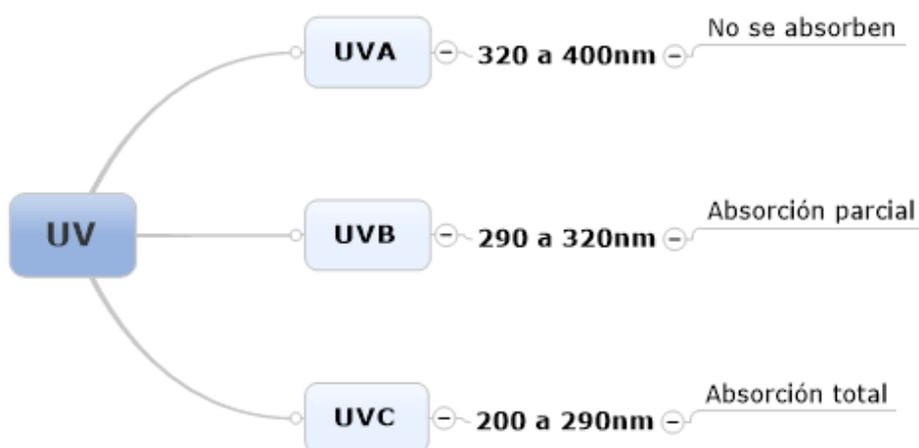


Figura 2: CLASIFICACIÓN DE LA RADIACIÓN UV
Fuente: Elaboración propia

2.3.2 Radiación UV en Arequipa

Según la base de datos de “NASA Surface meteorology and Solar Energy” la radiación solar en la zona esta expresada en la tabla 1 y figura 3.

Tabla 1: Radiación durante el año a distintas horas del día

Time of day	JAN Global Horizontal (W/m ²)	FEB Global Horizontal (W/m ²)	MAR Global Horizontal (W/m ²)	APR Global Horizontal (W/m ²)	MAY Global Horizontal (W/m ²)	JUN Global Horizontal (W/m ²)	JUL Global Horizontal (W/m ²)	AUG Global Horizontal (W/m ²)	SEP Global Horizontal (W/m ²)	OCT Global Horizontal (W/m ²)	NOV Global Horizontal (W/m ²)	DEC Global Horizontal (W/m ²)
12pm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1am	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2am	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3am	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4am	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5am	7.06	2.00	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.27	15.10	24.40	18.32
6am	127.77	85.18	70.35	50.80	41.97	22.60	20.68	47.42	124.57	202.16	223.50	183.81
7am	367.10	315.68	307.23	280.17	255.29	215.23	213.13	278.03	389.00	466.48	497.13	432.26
8am	608.68	579.71	556.39	532.97	481.39	436.83	441.23	515.58	622.57	706.29	747.97	650.77
9am	802.16	797.82	757.32	735.50	658.84	611.17	630.55	704.48	766.00	888.97	936.10	787.13
10am	922.19	952.21	881.61	871.93	777.55	732.43	764.81	845.68	916.63	1,002.87	1,044.57	928.65
11am	959.10	972.29	908.84	926.20	822.77	780.40	822.84	910.68	988.83	1,038.29	1,062.67	958.52
12am	909.42	816.11	837.52	892.70	791.74	749.73	796.97	893.13	972.63	993.58	989.10	849.26
1pm	779.84	791.54	739.68	801.80	711.03	670.23	725.84	817.00	876.50	895.48	868.37	788.10
2pm	575.81	641.89	571.74	631.57	558.32	525.57	581.26	661.55	697.77	722.81	673.47	596.90
3pm	338.19	345.86	361.39	400.57	349.90	329.43	378.74	444.23	459.60	490.23	432.57	369.36
4pm	191.39	245.00	186.71	159.43	125.58	113.00	150.42	197.48	212.97	227.00	205.83	218.10
5pm	56.06	68.50	29.58	9.13	4.35	3.43	7.87	14.81	16.63	18.45	25.80	50.10
6pm	1.29	1.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.45
7pm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8pm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9pm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10pm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11pm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente y elaboración: NASA Surface meteorology and Solar Energy

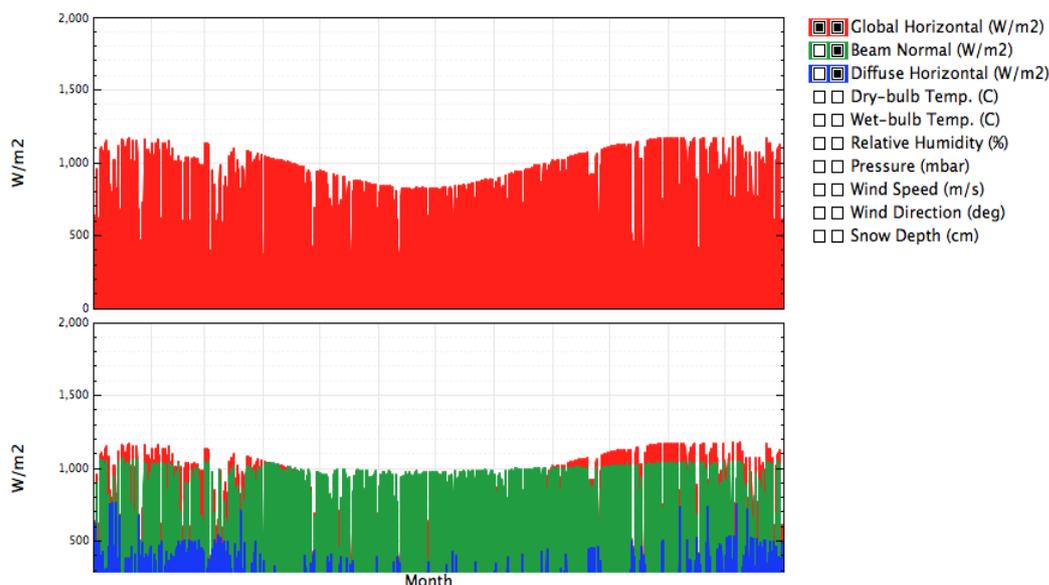


Figura 3: GLOBAL HORIZONTAL/ BEAM NORMAL/ DIFFUSE HORIZONTAL

Fuente y elaboración: NASA Surface meteorology and Solar Energy

En los gráficos anteriores se observa que, de mayo a noviembre, hay un menor número de horas de sol al igual que una intensidad de irradiación menor. Época que además coincide con la estación de sequía en la región y el invierno.

Por otro lado, y como ya hemos explicado el centro de meteorología y datos de energía solar de la NASA reveló resultados diferentes de irradiación por los motivos antes expuestos. La herramienta de simulación de la NASA mostró una irradiación normal directa (DNI) de 6,33 kWh/m²/año.

En la figura 4 se grafica la curva de radiación (w/m²) en promedio durante el año a distintas horas del día, se puede observar que hay una alta radiación al promediar el medio día, lo que es muy beneficioso para el anteproyecto que se propone en la ciudad de Arequipa.

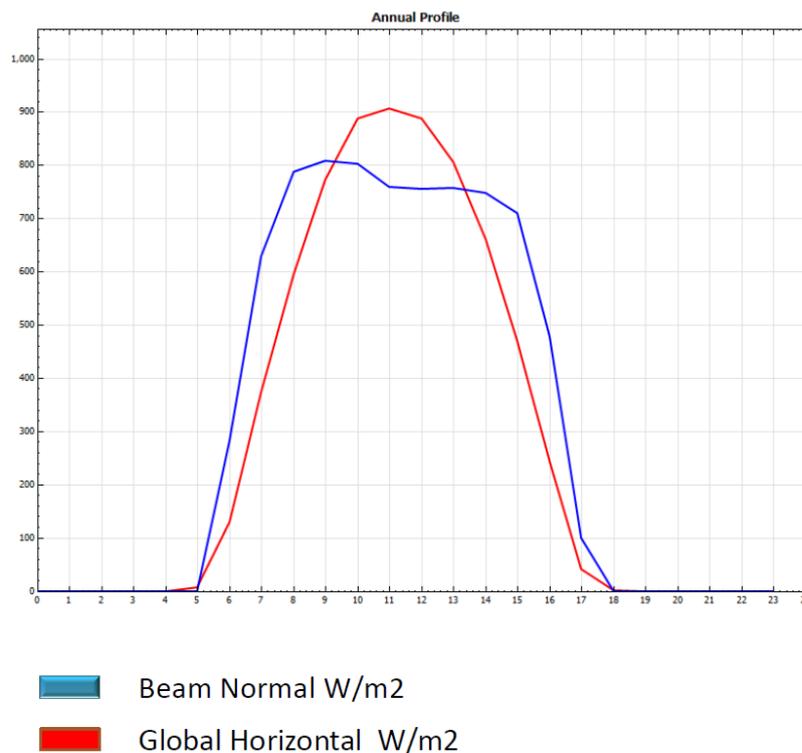


Figura 4: CURVA DE RADIACIÓN EN AREQUIPA

Fuente y elaboración: NASA Surface meteorology and Solar Energy

Para la evaluación preliminar de la radiación solar en el sitio se utilizó un archivo TMY2. El año meteorológico típico (TMY) es un conjunto de datos meteorológicos y solares derivados de la base de datos 1952-75 SOLMET / database ERSATZ. TMY. La base de datos se constituye de todos los valores de radiación solar y meteorológica por hora en un periodo de 1 año. Los archivos de datos TMY proporcionan una base consistente para cualquier análisis.

El archivo TMY2 utilizado incluye los valores horarios de la radiación solar en Pampa Arrieros, Arequipa, Perú. De acuerdo con este archivo la irradiación directa normal (DNI) es de 7.664kWh/m² y la irradiación global horizontal (GHI) 5.488 kWh/m²/año. Lo que es equivalente a unas 2.797 horas de sol anuales según el sistema de simulación del Laboratorio Nacional de Energía Renovable (NREL) y su solar y de los recursos de energía eólica y solar (SWERA), como se muestra en la tabla 2. Se obtuvieron los siguientes datos del Laboratorio de Energías Renovables Norteamericano (NREL) y su sistema de asesoramiento Solar y Eólico (SWERA), los cuales nos demuestran una importante radiación en la siguiente zona Latitud 16.267519 Longitud 71.512631 la cual sería el fundamento principal para escoger dicho lugar para una planta fotovoltaica poli-cristalina

Tabla 2: La Más Alta Resolución Del Recurso De Energía Estimado

Highest Resolution Energy Resource Estimate at -16.05° Latitude -71.58° Longitude	
Concentrating Solar Collectors: Direct Normal Irradiance (DNI):	7.664 kWh/m sq
Horizontal Flat Plate Collectors: Global Horizontal Irradiance (GHI):	5.718 kWh/m sq
Tilted Flat Plate Collectors: Latitude Tilt Irradiance (TILT):	6.13 kWh/m sq
Air Temperature at 10m Above Ground:	12.92° C
Earth Skin Temperature:	17.06° C
Cooling Degree Days Above 10 degrees Celsius:	1144 degree days
Heating Degree Days Below 18 degrees Celsius:	1759 degree days
Atmospheric Pressure:	75.05 kPa
Relative Humidity:	57.8%

Fuente y elaboración: Datos obtenidos del Laboratorio de Energías Renovables Norteamericano (NREL)

2.4 Cámara de degradación

Conviene remarcar que tanto el daño biológico como los procesos químicos o físicos intervinientes en la degradación de los materiales tienen una estrecha vinculación con la longitud de onda incidente, y obviamente también con la dosis.

Se define como dosis a:

$$\text{Dosis} = \int_0^t \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} B(\lambda) F(\lambda) dt d\lambda$$

$F(\lambda)$ es la irradiancia espectral

$B(\lambda)$ es la “acción espectral” o “sensibilidad monocromática” para un efecto particular.

Las principales metas que se pretenden alcanzar en la ejecución de este proyecto son:

Determinar cuáles son los tipos de alteraciones, físicas y/o químicas, que tienen lugar en los distintos materiales debido a los efectos de la radiación UV, en muestras sometidas además a stress térmico.

Establecer una correlación o dependencia de estas modificaciones con la intensidad de radiación UV a la que se expone el material, con el tiempo de exposición, con los cambios de temperatura, con el grado de humedad del ambiente, etc., tratando de discriminar cada uno de estos efectos.

Predecir el comportamiento futuro de materiales, desde el punto de vista de su degradación, en zonas donde las condiciones sean menos adversas.

Para poder cumplir con estos objetivos se estimó conveniente la construcción de equipos en los que se puedan controlar los parámetros intervinientes. La finalidad de estos equipos es la de poder irradiar las muestras en forma controlada, y en donde se reproduzcan aproximadamente las condiciones ambientales de la zona en la que las mismas estén expuestas. Para esto, además se deberán cuidar las

condiciones de humedad y temperatura. Se construirán cámaras de ensayo en donde conjuntos de muestras serán sometidos a mayores intensidades de radiación, de manera de conseguir equivalentes dosis, en un período relativamente corto, para obtener resultados comparables a los que ocurren naturalmente y facilitar así el seguimiento del proceso.

Como es sabido, la radiación ultravioleta proveniente del sol y que llega a la superficie de la Tierra atravesando la atmósfera comprende:

- La casi totalidad del ultravioleta A, (315 - 380 nm), que corresponde a un 5% de la radiación global total;
- Una parte del UV-B (280 - 315 nm), depende ésta de la capa de ozono, siendo la cantidad que llega a la superficie de la Tierra aproximadamente un 0.15% de la total global. El UV-B tiene una gran influencia en la degradación de materiales y en la vida humana.
- La UV-C (longitud de onda menor que 280 nm) es absorbida por la capa de ozono, y prácticamente está ausente en la superficie terrestre.

2.5 Ensayos destructivos

2.5.1 Ensayo de tracción

Los métodos propuestos se utilizan para estudiar el comportamiento en tracción.

- Resistencia a la tracción – Módulo en tracción – Deformación a rotura
- Tipos de Materiales: - Materiales termoplásticos rígidos y semirígidos para moldeo y extrusión, incluidas las composiciones cargadas y reforzadas, además de los tipos no cargados; hojas y películas de termoplásticos rígidos y semirígidos; - Materiales termoendurecibles rígidos y semirígidos para moldeo, incluidas las composiciones cargadas y reforzadas; hojas termoendurecibles rígidas y semirígidas, incluidos los estratificados; - Materiales compuestos termoplásticos y termoendurecibles reforzados con fibras, que llevan

refuerzos unidireccionales y multidireccionales, tales como fieltros, tejidos, bobinados, hilos de base cortados, combinación de refuerzos e híbridos, bobinados y fibras molidas; hojas fabricadas a partir de materiales preimpregnados ("prepregs"); - Polímeros de cristales líquidos termotropicos. Los métodos que se describen en esta norma no son recomendables para ser usados con materiales celulares rígidos o con estructuras tipo sándwich que contengan materiales celulares.

Ensayo de tracción: principio del método

La probeta se alarga a lo largo de su eje principal, a velocidad constante, hasta rotura o hasta que el esfuerzo (carga) o la deformación (alargamiento) hayan alcanzado un valor determinado previamente.

- En el ensayo se miden la carga soportada por la probeta y el alargamiento de ésta.

Ensayo de tracción: tipos de probetas

Las probetas se preparan por moldeo por compresión o inyección, a no ser que se especifique de otra manera en el material.

- La superficie de la probeta debe estar libre de defectos, rebabas o imperfecciones.
- Las probetas de productos acabados se deben tomar de zonas planas o que tengan una curvatura mínima.
- Las probetas de plásticos reforzados no deberían mecanizarse para reducir su espesor, a menos que sea absolutamente necesario. Los resultados obtenidos sobre probetas con superficies mecanizadas no son comparables con los de probetas con superficies no mecanizadas.
- Las probetas tienen forma de haltera o doble campana.
- Si se usa extensómetro se deben de marcar las probetas.
- Se deben de acondicionar previamente.



Figura 5: TIPOS DE PROBETA

Fuente: R. Benavente. Ensayo de tracción. Efecto del grado de cristalinidad. Materiales poliméricos amorfos y semicristalinos

INFORMACIÓN QUE APORTAN LOS ENSAYOS ESFUERZO-DEFORMACIÓN

- **ESFUERZO DE TRACCIÓN:** Fuerza de tracción por unidad de superficie, soportada por la probeta durante el ensayo.
- **RIGIDEZ:** Representa la resistencia del material a la deformación.
- **RESISTENCIA A LA TRACCIÓN:** esfuerzo máximo soportado por la probeta antes de romper.
- **TENACIDAD:** representa el trabajo requerido para romper un material. Se puede relacionar con el IMPACTO.

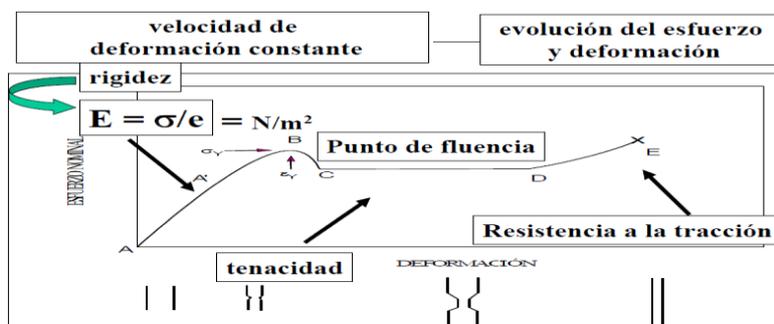
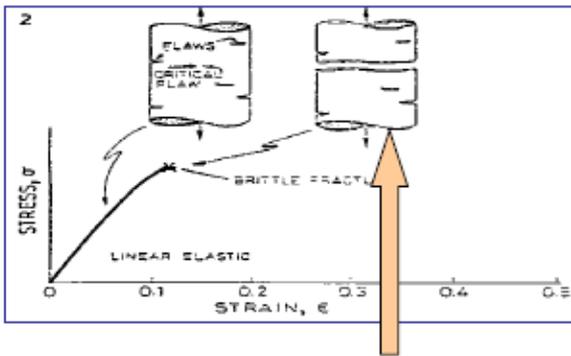


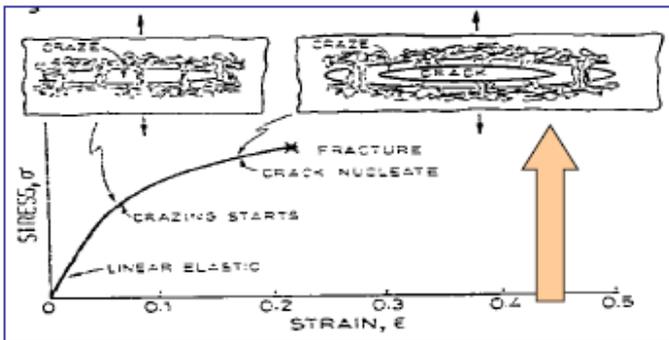
Figura 6: DIAGRAMA ESFUERZO-DEFORMACIÓN

Fuente: R. Benavente. Ensayo de tracción. Efecto del grado de cristalinidad. Materiales poliméricos amorfos y semicristalinos

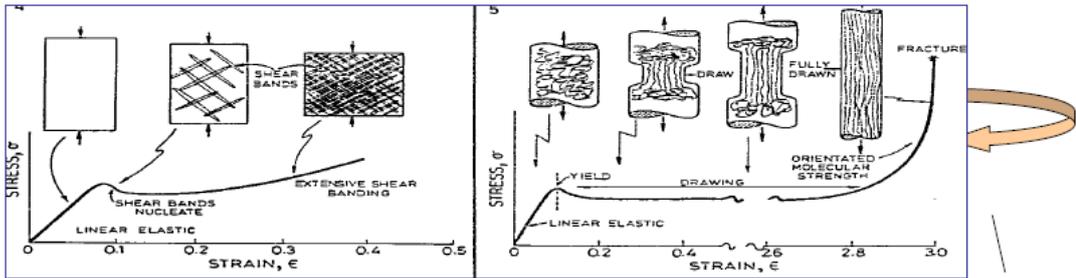
Veamos paso a paso el proceso de deformación



Polímero frágil y rompe



Formación de craks



Deformación a través de cuello, propagación de cuello y rotura

Endurecimiento por deformación

Figura 7: PROCESO DE DEFORMACIÓN

Fuente: R. Benavente. Ensayo de tracción. Efecto del grado de cristalinidad. Materiales poliméricos amorfos y semicristalinos

Factores estructurales que determinan el comportamiento mecánico de los materiales polímeros

- Influencia del peso molecular
- Influencia de la cristalinidad
- Efecto de los plastificantes
- Efecto de la copolimerización y de las mezclas
- Efecto de la orientación
- Influencia del peso molecular

2.6 NORMAS

Los ensayos de envejecimiento acelerado inducidos bajo la acción de la radiación UV fueron aplicados siguiendo la norma ISO 4329, que se refiere a los ciclos de tiempos de envejecimiento (horas de exposición a la radiación / horas de oscuridad), Para el ensayo de tracción se usó la Norma ASTM D638.

Capítulo III

Parte Experimental

3.1 Materiales y equipos

3.1.1 Probetas

Se utilizó un sacabocado para hacer las probetas con la forma que exige la norma ASTM D-638 para ensayos de tracción en polímeros.



Figura 8 : PROBETAS ISO 20753

Fuente: Elaboración propia

Se tomó las muestras para las probetas de las marcas: MI (Figura 9), MP (Figura 3.3), ML (Figura 10), MN (Figura 12)



Figura 9 : PVC- MI

Fuente: Elaboración propia



Figura 10: PVC- MP

Fuente: Elaboración propia



Figura 11: PVC-ML

Fuente: Elaboración propia



Figura 12: PVC-MN

Fuente: Elaboración propia

3.1.2. Sacabocado para probetas

Se utilizó un sacabocado (Figura 14) de acero inoxidable martensítico con las medidas de la Figura 13 que es la forma de las probetas para ensayos de tracción según norma ASTM D-638

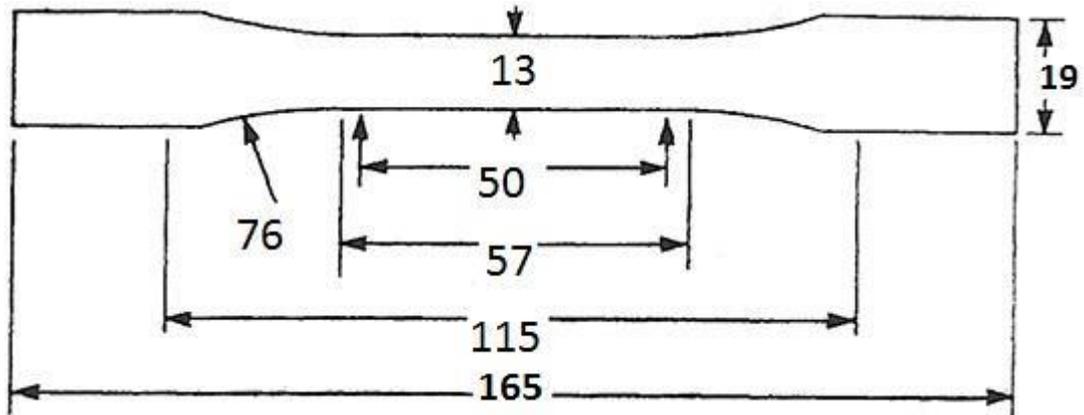


Figura 13: MEDIDAS SEGÚN NORMA

Fuente: Norma ASTM D-638



Figura 14: SACAVOCADO

Fuente: Elaboración propia

3.1.3 Caja de metal para cámara de degradación

Se fabricó 01 caja de metal de medidas 1 m x 15 cm con una altura de 30cm (Figura 15)



Figura 15:CAJA METAL

Fuente: Elaboración propia

3.1.4 Lámpara UV e instalación

Se consiguió una lámpara UV de 90 cm de largo con potencia de 30W (Figura 3.11) así como su balastro de 32W (Figura 16) y su cebador de 4-65W (Figura 17).

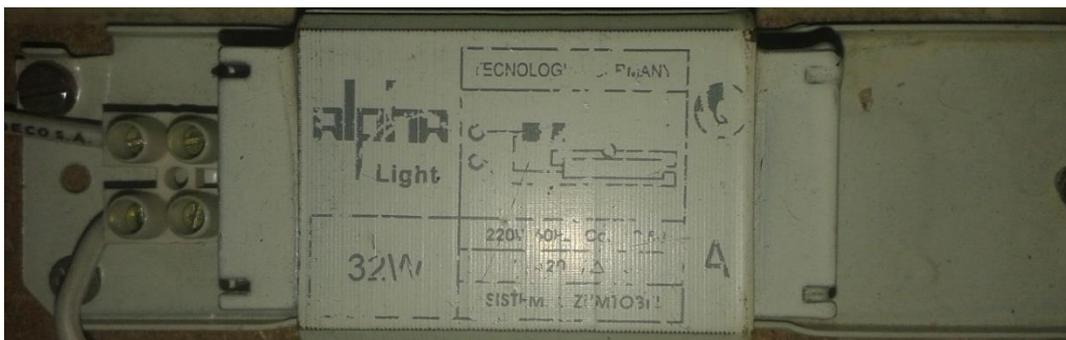


Figura 16: BALASTRO

Fuente: Elaboración propia



Figura 17: CEBADOR

Fuente: Elaboración propia



Figura 18: LAMPARA UV

Fuente: Elaboración propia

3.1.5 Sensores con sistema arduino

- SENSOR DE RADIACION UV

Este sensor UV, se utiliza para detectar el índice de intensidad ultravioleta (UV). Esta forma de radiación electromagnética tiene longitudes de onda más cortas que la radiación visible y son esas longitudes cortas las que detecta este sensor. (Figura 19). Este módulo se basa en el sensor UVM-30A, que tiene una amplia gama espectral de 200nm hasta 370nm*. La señal eléctrica de salida del módulo, es de tipo analógica, que varía respecto a la intensidad de los rayos UV, lo que nos permite darnos una sugerencia, si es una buena idea o no ir a la playa hoy.

Características:

Voltaje de funcionamiento: 3 ~ 5Vdc

Corriente: 0.06mA (Standard) /0.1mA (Max)

Respuesta de Longitud de onda: 200 ~ 370 nm

Temperatura de trabajo: -20 ~ 85°C

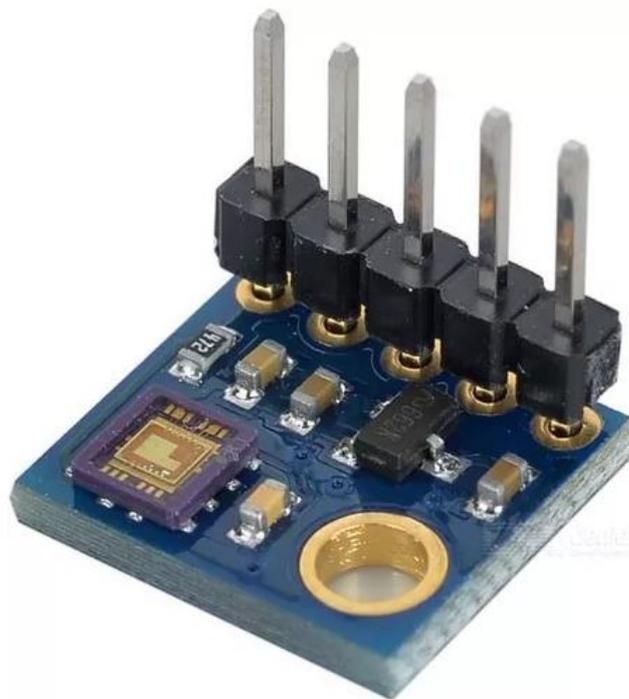


Figura 19: SENSOR UV

Fuente: Elaboración propia

- **SENSOR DE HUMEDAD Y TEMPERATURA**

El módulo DHT22 es un sensor de humedad y temperatura de bajo costo con una interfaz digital. El sensor está calibrado y no requiere componentes adicionales por lo que basta con conectarlo para comenzar a tomar mediciones de humedad relativa y temperatura. (Figura 20)

El Sensor de humedad y temperatura DHT22 usa un protocolo de comunicación serial propio que ocupa sólo una conexión en uno de sus pines, por esta razón deberíamos usar la información técnica del fabricante para realizar una buena comunicación. Afortunadamente se han desarrollado librerías de Arduino que nos ahorran este trabajo y nos ofrecen funciones de comunicación sin necesidad de pensar en la trama de datos que se envía y recibe.

Voltaje de alimentación 3.3 – 5.5 v

Corriente durante medición 1 – 1.5 mA

Corriente en modo espera 40 – 50 μ A

Humedad 0 – 100 RH

Rango de temperatura -40°C a 80°C

Precisión +/- 2% RH

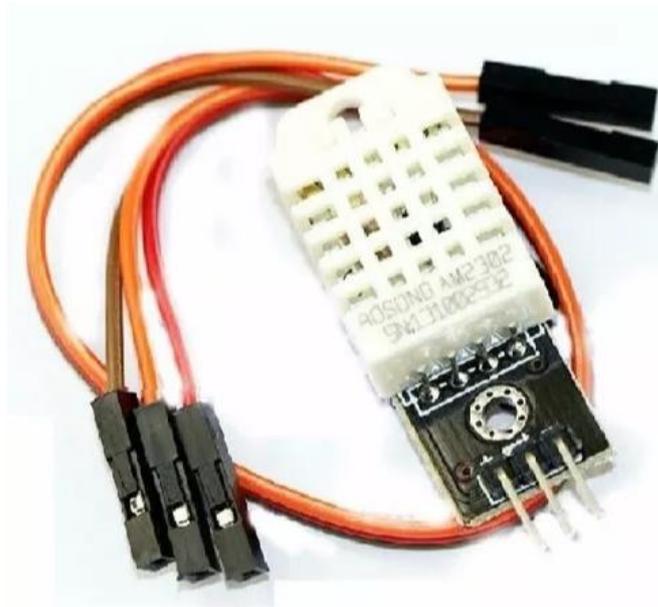


Figura 20: SENSOR DHT22 – TEMPERATURA HUMEDAD

Fuente: Elaboración propia

- **LECTOR MICROSD**

Un lector SD es un dispositivo que permite emplear como almacenamiento una tarjeta SD, que podemos incorporar en nuestros proyectos de electrónica y Arduino.

Las tarjetas SD y micro SD se han convertido en un estándar, desplazando a otros medios de almacenamiento de datos debido a su gran capacidad y pequeño tamaño. Por este motivo han sido integradas en una gran cantidad de dispositivos, siendo en la actualidad componentes frecuentes en ordenadores, tablets y smartphones, entre otros.

Dentro del mundo de Arduino, es posible encontrar lectores de bajo coste tanto para tarjetas SD como micro SD. Los primeros en aparecer fueron los lectores SD y posteriormente los micro SD. Por tanto, en general, los módulos con micro SD son modelos más modernos que los de SD. (Figura 21)

En ambos tipos de lectores, la lectura puede realizarse a través de bus SPI. Aunque pueden disponer de otros interfaces, como bus I2C o UART, normalmente es preferible emplear SPI por su alta tasa de transferencia.

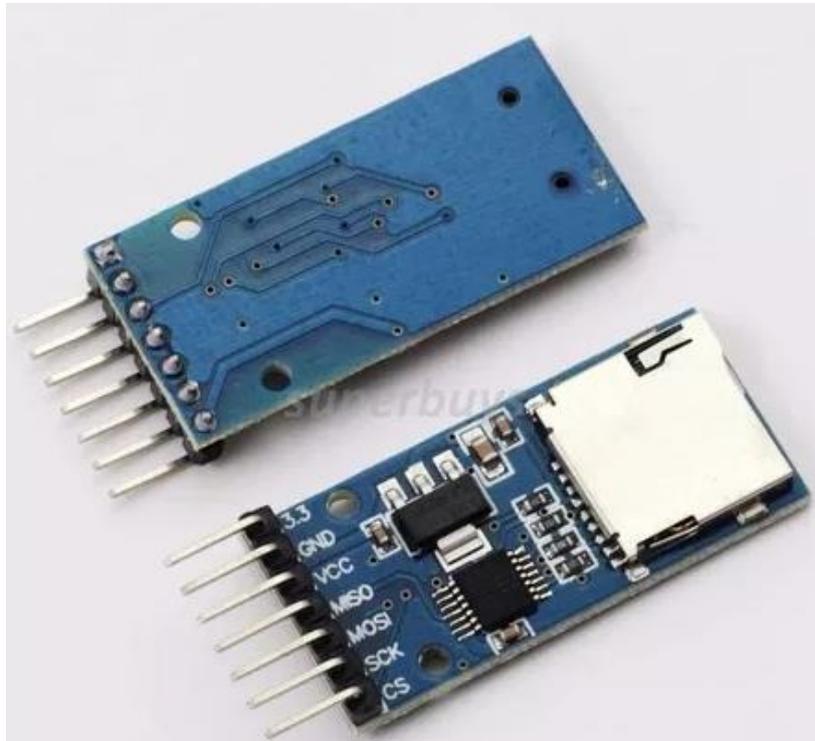


Figura 21: SENSOR DHT22 – TEMPERATURA HUMEDAD

Fuente: Elaboración propia

- ARDUINO R3

Este es el nuevo Arduino Uno R3 utiliza el microcontrolador ATmega328. En adición a todas las características de las tarjetas anteriores, el Arduino Uno utiliza el ATmega16U2 para el manejo de USB en lugar del 8U2 (o del FTDI encontrado en generaciones previas). Esto permite ratios de transferencia más rápidos y más memoria. (Figura22)

El Arduino es una plataforma computacional física open-source basada en una simple tarjeta de I/O y un entorno de desarrollo que implementa el lenguaje Processing/Wiring. El Arduino Uno R3 puede ser utilizado para desarrollar

objetos interactivos o puede ser conectado a software de tu computadora (por ejemplo, Flash, Processing, MaxMSP). El IDE open-source puede ser descargado gratuitamente (actualmente para Mac OS X, Windows y Linux).

Microcontrolador ATmega328.

Voltaje de entrada 7-12V.

14 pines digitales de I/O (6 salidas PWM).

6 entradas análogas.

32k de memoria Flash.

Reloj de 16MHz de velocidad

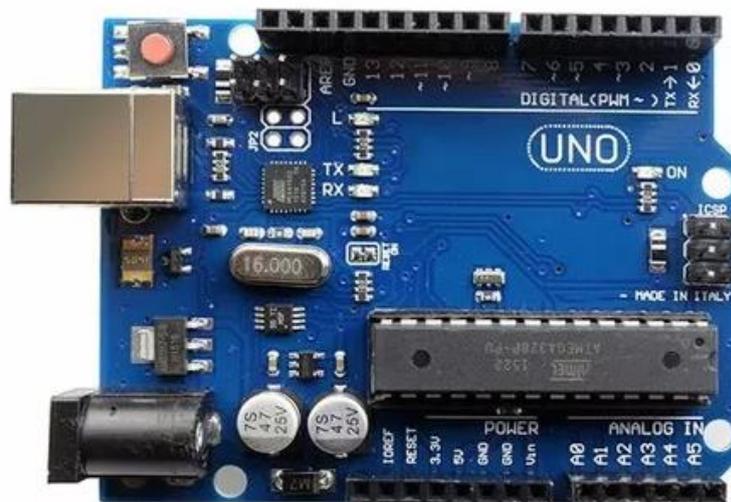


Figura 22: ARDUINO UNO R3

Fuente: Elaboración propia

3.1.5 Máquina de ensayos de tracción

El ensayo de tracción de un material consiste en someter a una probeta normalizada a un esfuerzo axial de tracción creciente hasta que se produce la rotura de la misma. Este ensayo mide la resistencia de un material a una fuerza

estática o aplicada lentamente. Las velocidades de deformación en un ensayo de tensión suelen ser muy pequeñas ($\varepsilon = 10^{-4}$ a 10^{-2} s $^{-1}$). (Figura 23)



Figura 23: MAQUINA DE ENSAYOS DE TRACCIÓN

Fuente: Elaboración propia

3.1.6 Durómetro: Shore D

El durómetro mecánico es un modelo estándar para medir la dureza de la goma dura (Shore D). El durómetro mecánico está compuesto por un dispositivo de

medición con cabezal de medición y un reloj antideslumbrante de 360° con una precisión de lectura de 0,5 unidades de dureza.



Figura 24: DUROMETRO SHORE D

Fuente: Zwick/Roell

3.2 Cámara de degradación por rayos UV

Esta cámara de ensayos tiene como fuente de emisión de UV las llamadas “lámparas germicidas” TUV 30W, son tubos de una longitud de 90 cm y un diámetro de 2.6 cm. Estas lámparas emiten la mayor parte de su energía en la longitud de onda de 253.7 nm obteniéndose una intensidad a un metro de distancia de $37 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ en esa longitud de onda, según datos del fabricante. La emisión de energía irradiada a los 253.7 nm es de 3.5 W por cada lámpara colocada. (Figura 25, 26). Se buscó obtener un plano de radiación aproximadamente uniforme donde se colocan las muestras a ensayar. Con esta premisa, se obtiene la función aproximada de la radiación de UV directa (I_d) en un plano situado a una distancia

vertical h de las lámparas y x es la distancia en el plano, con sentido transversal a la longitud de los tubos.

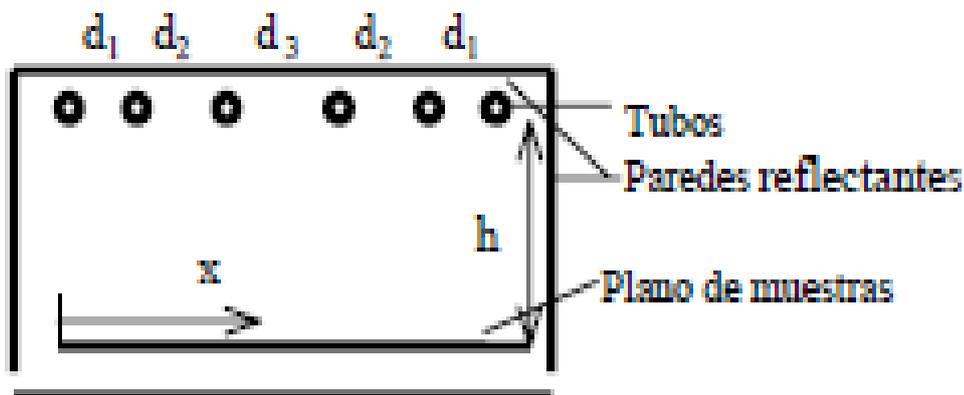


Figura 25: ESQUEMA DE LA CAMARA DE ENSAYOS

Fuente: Elaboración propia

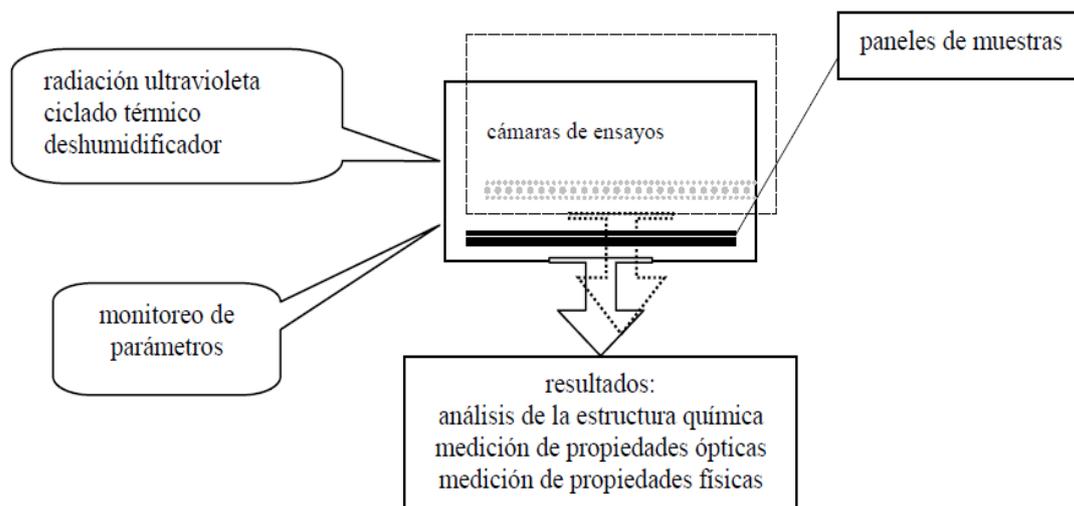


Figura 26: ELEMENTOS DE LA CAMARA DE ENSAYOS

Fuente: Elaboración propia

3.3 Procedimientos realizados.

3.3.1 Elaborar la cámara de degradación

Se fabricó una caja de metal, en la cual instalamos el foco UV de 90cm de largo con 30 watts de potencia, a lo largo.

3.3.2 Instalar los sensores en la cámara de degradación

Instalamos los sensores de temperatura y humedad y radiación UV en la caja de metal, los cuales se ubicaron en la base, el programa para controlarlos fue mediante la programación ARDUINO, el código se muestra en el Anexo.



Figura 27: SENSORES DENTRO DE LA CAMARA DE ENSAYOS

Fuente: Elaboración propia

3.3.3 Tomar muestras de los tubos comerciales

Se utilizó el sacabocado para tomar las muestras de las diferentes marcas de tubo adquiridos en el mercado.



Figura 28: CORTE DE PROBETAS

Fuente: Elaboración propia

3.3.4 Someterlas a radiación UV mediante la cámara de degradación.

Las muestras fueron sometidas a radiación UV como se muestra en la tabla 3 y en

la figura 29.



Figura 29: EXPOSICION DE RADIACION UV

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3: TIEMPO DE EXPOSICION DE RADIACION UV

MARCA	CODIGO DE PROBETA	Tiempo: 0 horas	Tiempo 200 horas	Tiempo: 400 horas	Tiempo: 600 horas
MI	I-1	X			
	I-2		X		
	I-3			X	
	I-4				X
ML	L-1	X			
	L-2		X		
	L-3			X	
	L-4				X
MN	N-1	X			
	N-2		X		
	N-3			X	
	N-4				X
MP	P-1	X			

	P-2		X		
	P-3			X	
	P-4				X

Fuente: Elaboración Propia

3.3.5 Observar la degradación producida

La degradación se mantuvo a los tiempos señalados y a una temperatura en promedio de 28°C y una humedad relativa de 60%, la humedad relativa es la relación entre la cantidad de vapor de agua que tiene una masa de aire y la máxima que podría tener.



Figura 30 : PROBETAS EXPUESTAS A RADIACION UV

Fuente: Elaboración propia

3.3.6 Realizar ensayo destructivo de tracción en las probetas

Los ensayos de tracción se realizaron en la Universidad Católica Santa María. (Figura 31)

los cuales dieron distintas gráficas como se muestran en la figura (32)

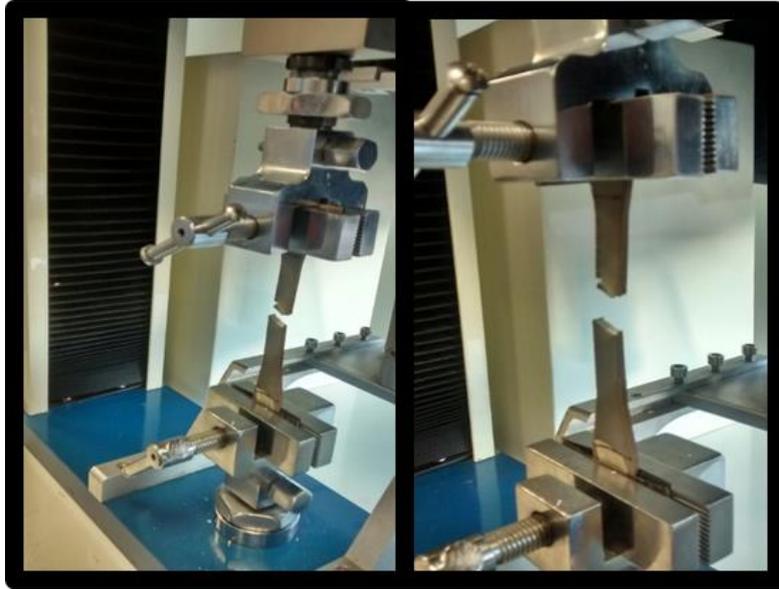


Figura 31: ENSAYO DE TRACCION

Fuente: Elaboración propia



Figura 32: ENSAYO DE TRACCION

Fuente: Elaboración propia

3.3.7 Realizar ensayo de dureza en las probetas

Los ensayos de dureza se realizaron en los laboratorios de Antonio Raimondi de la UNAS. (Figura 33).



Figura 33: ENSAYO DE DUREZA

Fuente: Elaboración propia

Los cuales según norma se tomaron 5 lecturas y se obtuvo el promedio para todas las probetas, a continuación, se presenta un cuadro resumen con todas las lecturas tomadas con sus respectivos promedios.

Tabla 4: LECTURAS DE DUREZAS

MARCA	PROBETA	LECTURA					PROMEDIO
		L1	L2	L3	L4	L5	
MI	I1	84	85	80	78	82	81.8
	I2	72	75	77	77	76	75.4
	I3	73	75	78	82	85	78.6
	I4	75	76	74	76	75	75.2
ML	L1	81	78	81	78	80	79.6
	L2	70	67	64	75	73	69.8
	L3	75	70	76	78	75	74.8
	L4	75	73	74	75	73	74
MN	N1	80	79	80	78	78	79
	N2	78	75	77	77	80	77.4

	N3	80	72	76	77	77	76.4
	N4	75	77	80	82	75	77.8
MP	P1	84	86	81	82	81	82.8
	P2	84	82	82	84	86	83.6
	P3	80	87	81	80	80	81.6
	P4	85	81	82	82	85	83

Fuente: Elaboración Propia

3.2 Declaración de variables.

Variable Independiente

- Tiempo de exposición a radiación UV
- Diferentes formulaciones de PVC comerciales

Variable Dependiente

- Propiedades Físicas (Dureza, Tracción, Resiliencia, Esfuerzo Máximo, Elongación)
- Propiedades Ópticas (Decoloración)

3.3 ENSAYO DESTRUCTIVO: TRACCIÓN Y DUREZA

Las curvas esfuerzo-deformación nos proporcionaron la siguiente información para compararlas:

PROBETA I-1

Marca: MI

Tiempo de exposición: 0 horas

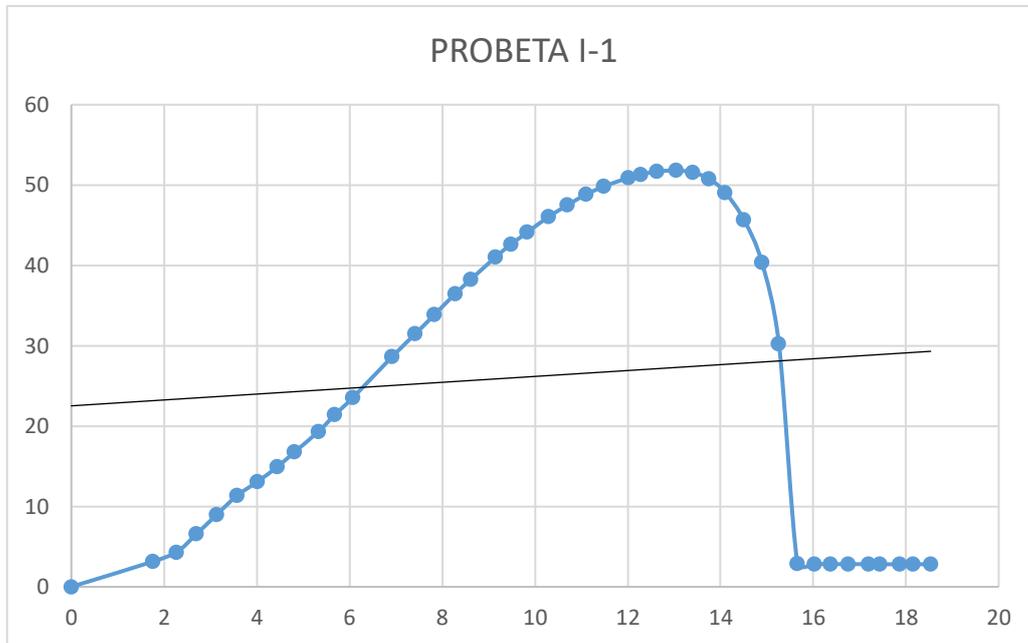


Figura 34: CURVA ESFUERZO DEFORMACION I-1

Fuente: Elaboración propia

ANALISIS DEL DIAGRAMA

ESFUERZO MAXIMO = 51.822 MPa

MODULO DE YOUNG = 4.065 MPa

ESFUERZO DE ROTURA= 30.275 MPa

RESILIENCIA= 264.83 J/m²

TENACIDAD (AREA BAJO LA CURVA) = 461.69 J/m²

DUCTIBILIDAD= 2.04%

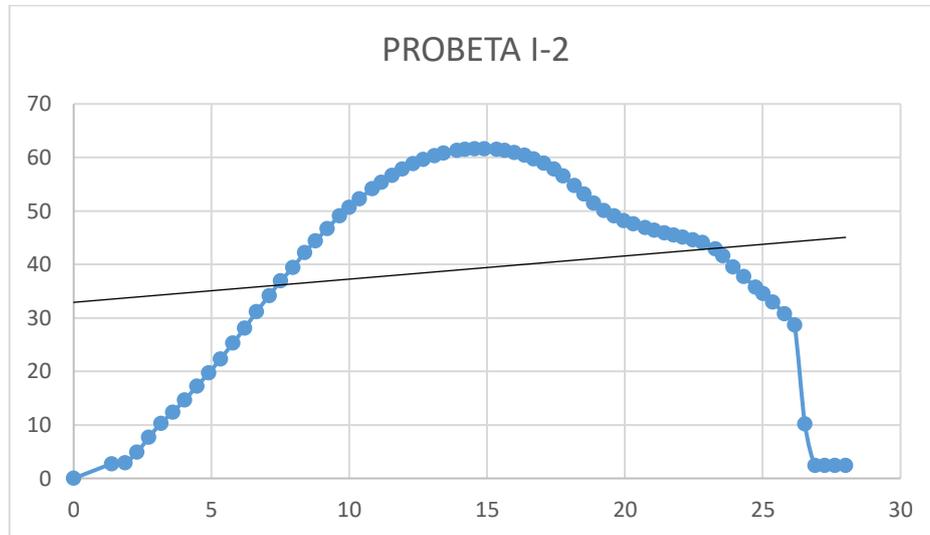
ENSAYO DE DUREZA

DUREZA SHORE D =81.8

PROBETA I-2

Marca: MI

Tiempo de exposición: 200 horas

*Figura 35: CURVA ESFUERZO DEFORMACION I-2**Fuente: Elaboración propia***ANALISIS DEL DIAGRAMA**

ESFUERZO MAXIMO = 61.65 MPa

MODULO DE YOUNG = 4.5 MPa

ESFUERZO DE ROTURA= 28.634 MPa

RESILIENCIA= 239.60 J/m²TENACIDAD (AREA BAJO LA CURVA) = 1057.82 J/m²

DUCTIBILIDAD= 5.54%

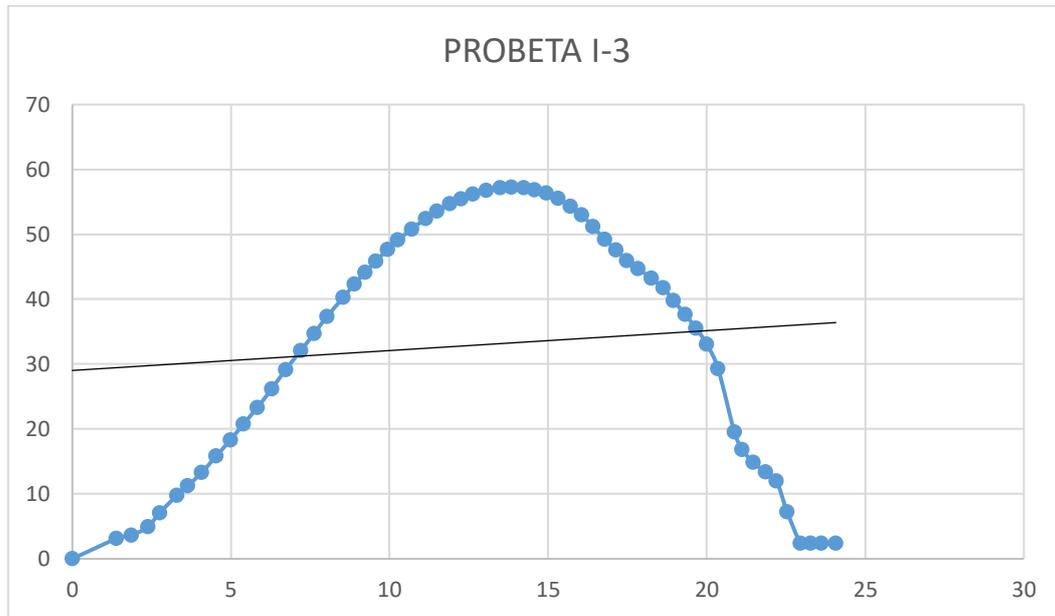
ENSAYO DE DUREZA

DUREZA SHORE D = 75.4

PROBETA I-3

Marca: MI

Tiempo de exposición: 400 horas

*Figura 36: CURVA ESFUERZO DEFORMACION I-3**Fuente: Elaboración propia***ANALISIS DEL DIAGRAMA**

ESFUERZO MAXIMO = 57.25 MPa

MODULO DE YOUNG = 4.24 MPa

ESFUERZO DE ROTURA= 29.3 MPa

RESILIENCIA= 281.04 J/m²TENACIDAD (AREA BAJO LA CURVA) = 759.87 J/m²

DUCTIBILIDAD= 5.9%

ENSAYO DE DUREZA

DUREZA SHORE D = 78.6

PROBETA I-4

Marca: MI

Tiempo de exposición: 600 horas

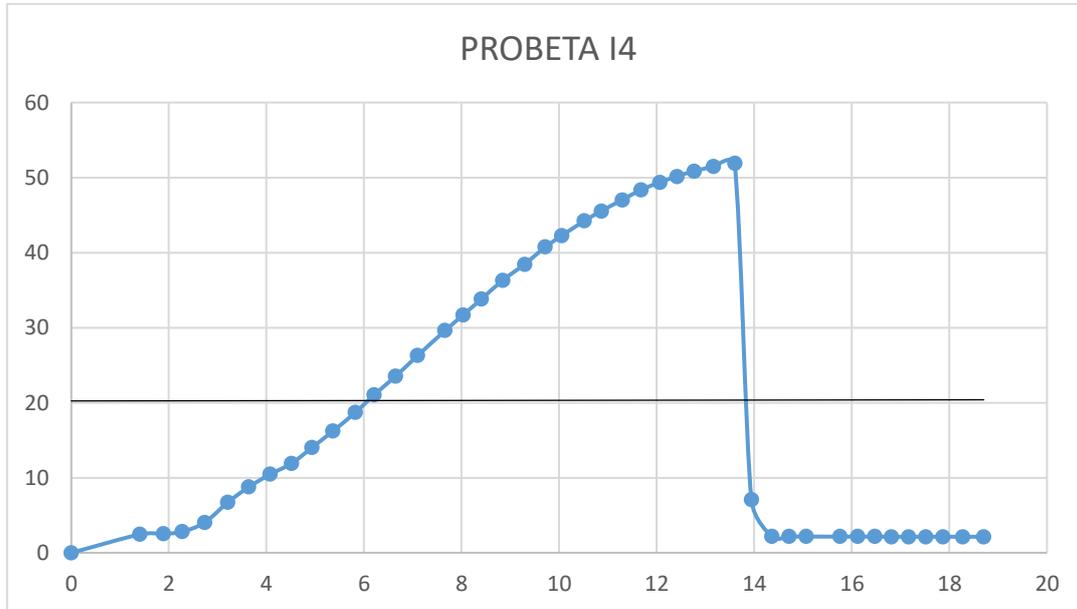


Figura 37: CURVA ESFUERZO DEFORMACION I-4

Fuente: Elaboración propia

ANÁLISIS DEL DIAGRAMA

ESFUERZO MÁXIMO = 51.86 MPa

MODULO DE YOUNG = 3.55 MPa

ESFUERZO DE ROTURA = 51.864 MPa

RESILIENCIA = 245.01 J/m²

TENACIDAD (ÁREA BAJO LA CURVA) = 363.43 J/m²

DUCTIBILIDAD = 0.76%

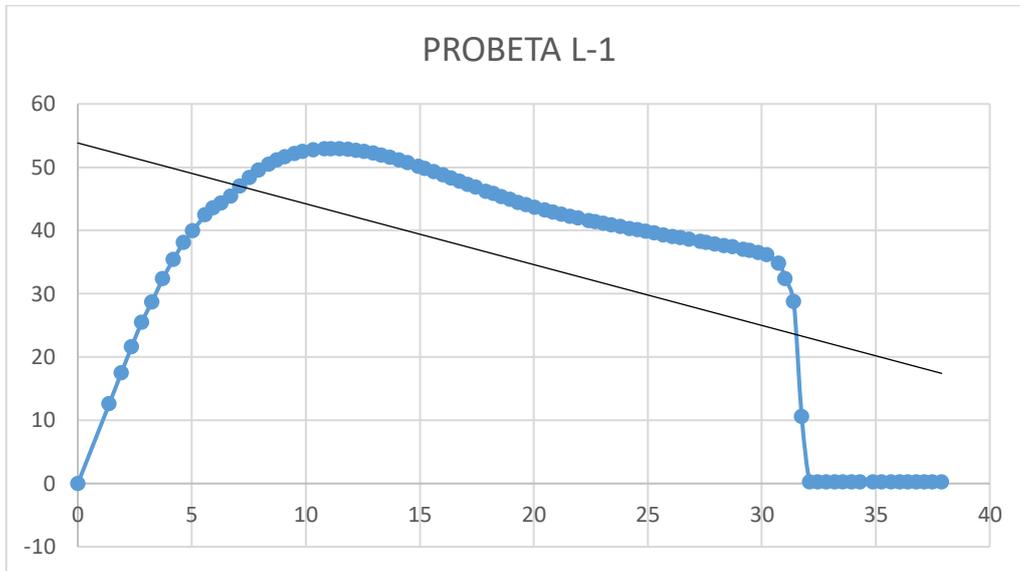
ENSAYO DE DUREZA

DUREZA SHORE D = 75.2

PROBETA L-1

Marca: ML

Tiempo de exposición: 0 horas

*Figura 38: CURVA ESFUERZO DEFORMACION L-1**Fuente: Elaboración propia***ANALISIS DEL DIAGRAMA**

ESFUERZO MAXIMO = 52.92 MPa

MODULO DE YOUNG = 8.73 MPa

ESFUERZO DE ROTURA= 28.73 MPa

RESILIENCIA= 110.35 J/m²TENACIDAD (AREA BAJO LA CURVA) = 1297.38 J/m²

DUCTIBILIDAD= 10.88%

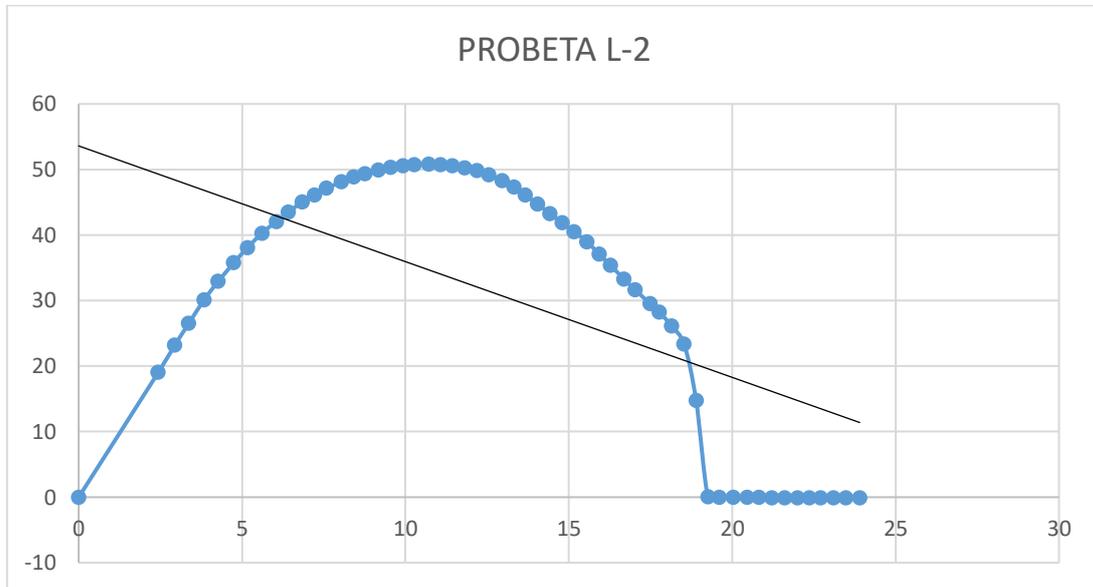
ENSAYO DE DUREZA

DUREZA SHORE D = 79.6

PROBETA L-2

Marca: ML

Tiempo de exposición: 200 horas

*Figura 39: CURVA ESFUERZO DEFORMACION L-2**Fuente: Elaboración propia***ANALISIS DEL DIAGRAMA**

ESFUERZO MAXIMO = 50.77 MPa

MODULO DE YOUNG = 7.64 MPa

ESFUERZO DE ROTURA= 23.314 MPa

RESILIENCIA= 120.39 J/m²TENACIDAD (AREA BAJO LA CURVA) = 692.05 J/m²

DUCTIBILIDAD= 5.013%

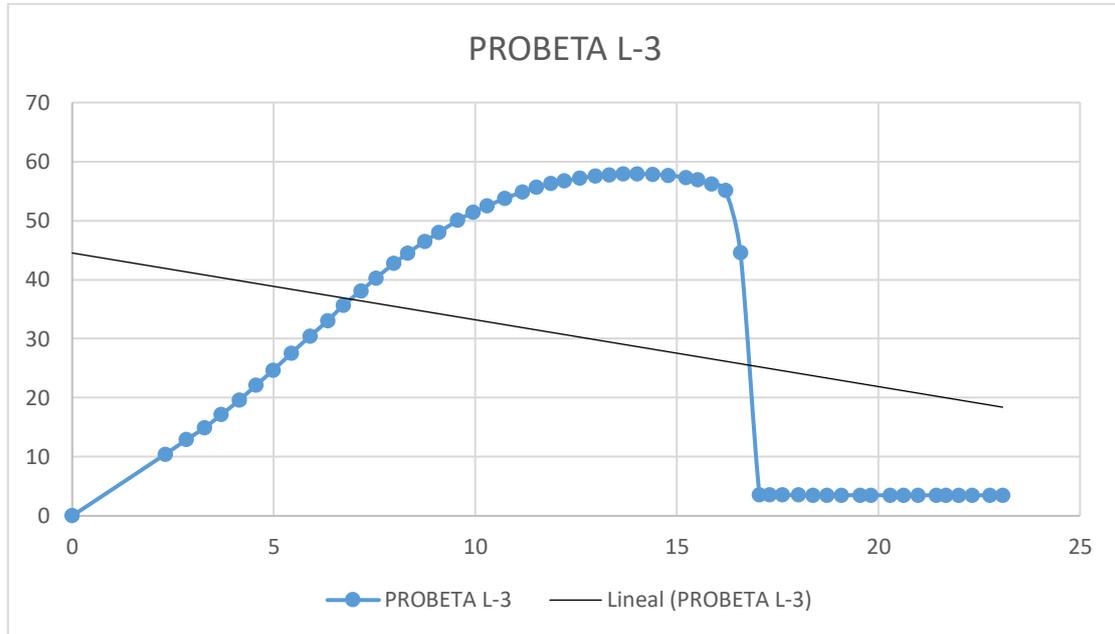
ENSAYO DE DUREZA

DUREZA SHORE D = 69.8

PROBETA L-3

Marca: ML

Tiempo de exposición: 400 horas

*Figura 40: CURVA ESFUERZO DEFORMACION L-3**Fuente: Elaboración propia***ANALISIS DEL DIAGRAMA**

ESFUERZO MAXIMO = 57.91 MPa

MODULO DE YOUNG = 5.04 MPa

ESFUERZO DE ROTURA= 55.106 MPa

RESILIENCIA= 293.85 J/m²TENACIDAD (AREA BAJO LA CURVA) = 655.65 J/m²

DUCTIBILIDAD= 0.02%

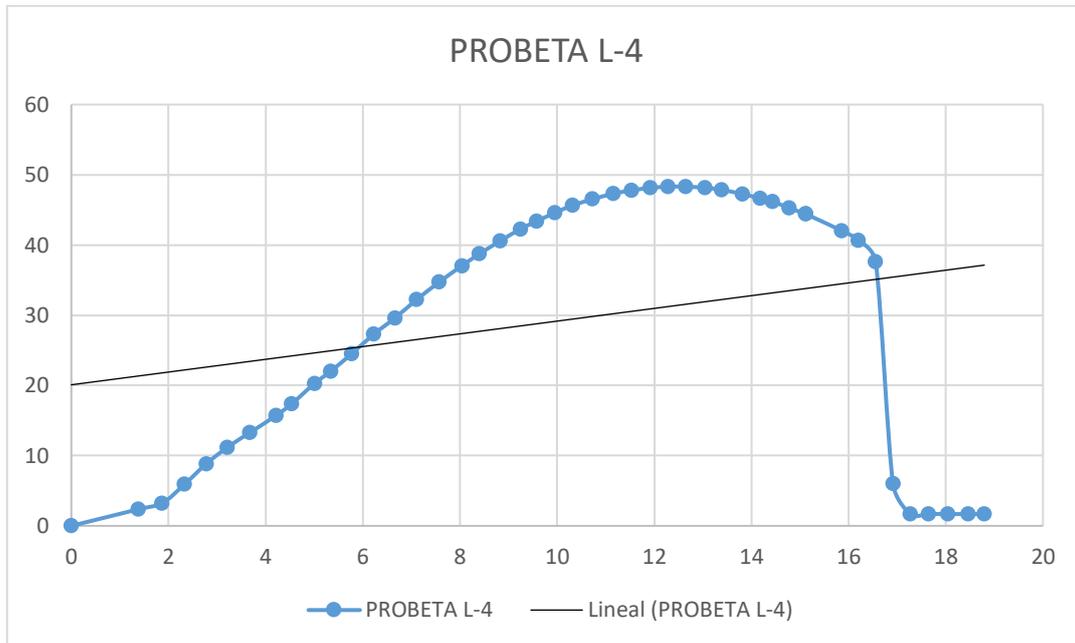
ENSAYO DE DUREZA

DUREZA SHORE D = 74.8

PROBETA L-4

Marca: ML

Tiempo de exposición: 600 horas

*Figura 41: CURVA ESFUERZO DEFORMACION L-4**Fuente: Elaboración propia***ANÁLISIS DEL DIAGRAMA**

ESFUERZO MAXIMO = 48.31 MPa

MODULO DE YOUNG = 4.25 MPa

ESFUERZO DE ROTURA= 37.61 MPa

RESILIENCIA= 206.48 J/m²TENACIDAD (AREA BAJO LA CURVA) = 521.03 J/m²

DUCTIBILIDAD= 3.03%

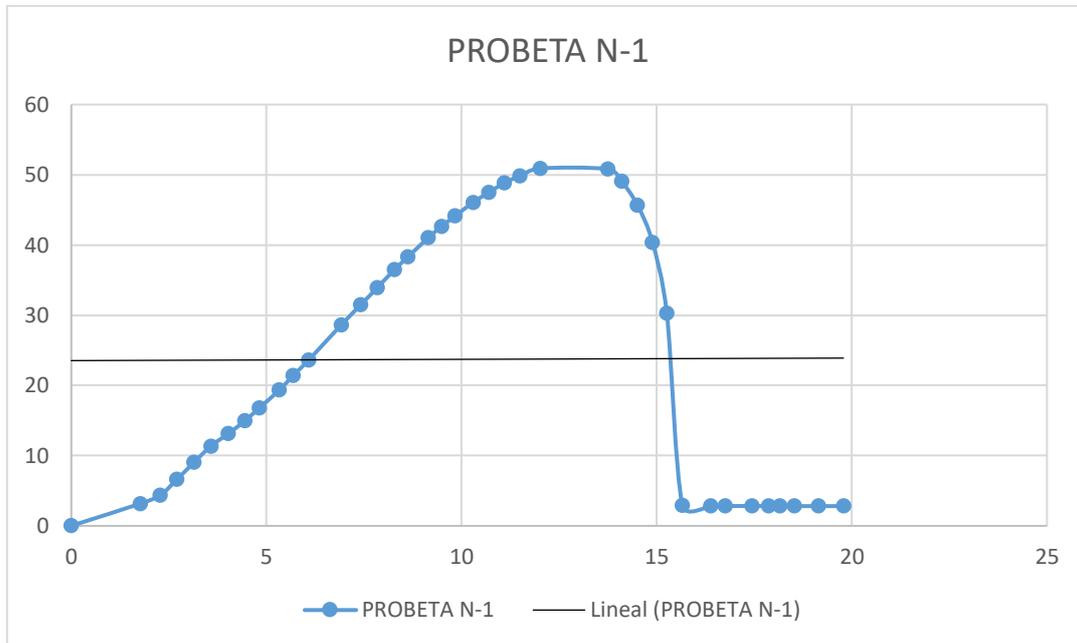
ENSAYO DE DUREZA

DUREZA SHORE D = 74

PROBETA N-1

Marca: MN

Tiempo de exposición: 0 horas

*Figura 42: CURVA ESFUERZO DEFORMACION N-1**Fuente: Elaboración propia***ANÁLISIS DEL DIAGRAMA**

ESFUERZO MÁXIMO = 50.90 MPa

MÓDULO DE YOUNG = 4.04 MPa

ESFUERZO DE ROTURA = 40.36 MPa

RESILIENCIA = 245.59 J/m²TENACIDAD (ÁREA BAJO LA CURVA) = 464.16 J/m²

DUCTIBILIDAD = 0.5%

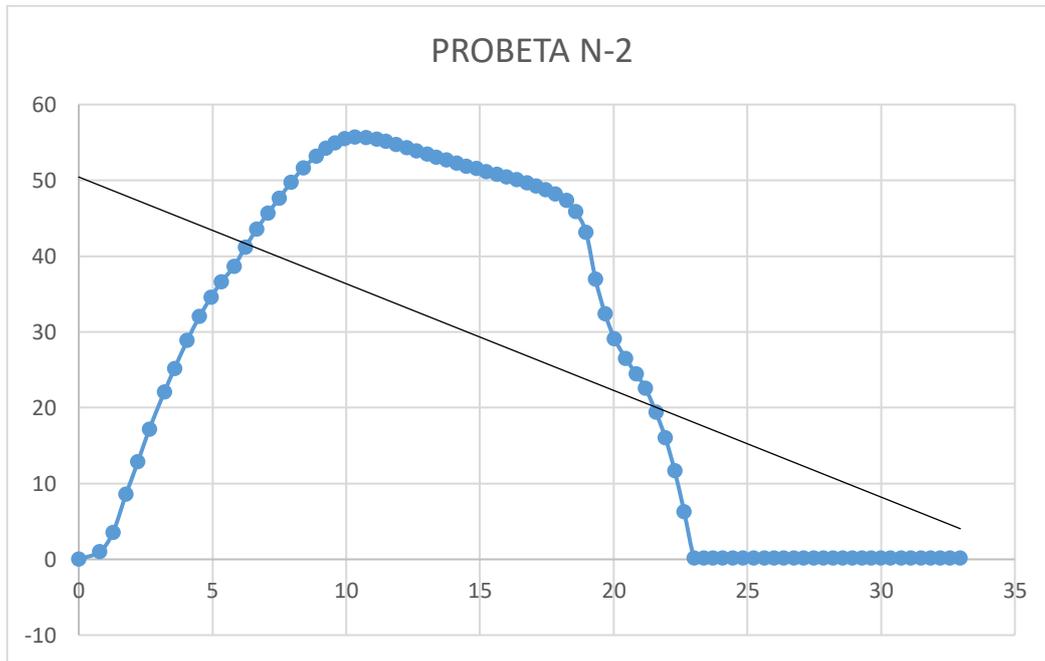
ENSAYO DE DUREZA

DUREZA SHORE D = 79

PROBETA N-2

Marca: MN

Tiempo de exposición: 20 0 horas

*Figura 43: CURVA ESFUERZO DEFORMACION N-2**Fuente: Elaboración propia***ANÁLISIS DEL DIAGRAMA**

ESFUERZO MAXIMO = 55.68 MPa

MODULO DE YOUNG = 6.83 MPa

ESFUERZO DE ROTURA= 43.153 MPa

RESILIENCIA= 143.18 J/m²TENACIDAD (AREA BAJO LA CURVA) = 868.66 J/m²

DUCTIBILIDAD= 5.08%

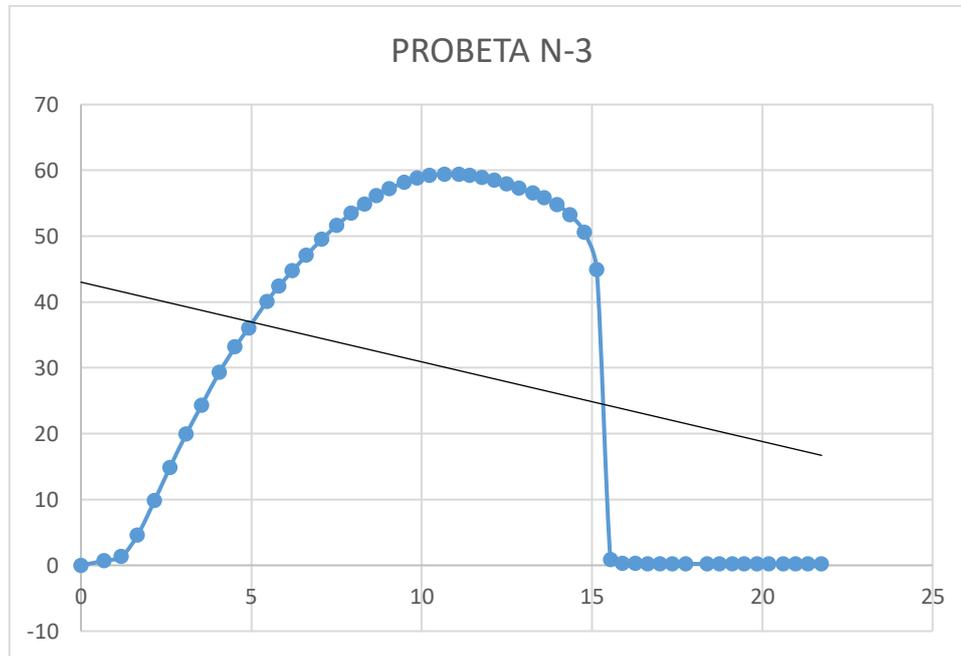
ENSAYO DE DUREZA

DUREZA SHORE D = 77.4

PROBETA N-3

Marca: MN

Tiempo de exposición: 400 horas

*Figura 44: CURVA ESFUERZO DEFORMACION N-3**Fuente: Elaboración propia***ANALISIS DEL DIAGRAMA**

ESFUERZO MAXIMO = 59.40 MPa

MODULO DE YOUNG = 6.96 MPa

ESFUERZO DE ROTURA= 44.92 MPa

RESILIENCIA= 124.07 J/m²TENACIDAD (AREA BAJO LA CURVA) = 627.72 J/m²

DUCTIBILIDAD= 2.6%

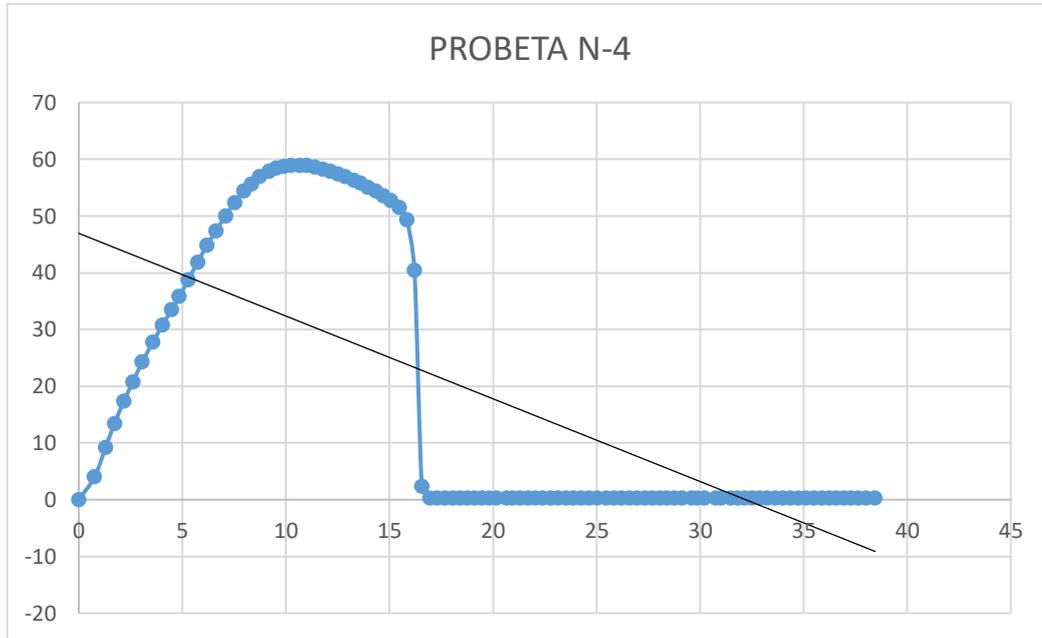
ENSAYO DE DUREZA

DUREZA SHORE D = 76.4

PROBETA N-4

Marca: MN

Tiempo de exposición: 600 horas

*Figura 45: CURVA ESFUERZO DEFORMACION N-4**Fuente: Elaboración propia***ANALISIS DEL DIAGRAMA**

ESFUERZO MAXIMO = 58.95 MPa

MODULO DE YOUNG = 7.22 MPa

ESFUERZO DE ROTURA= 49.379 MPa

RESILIENCIA= 273.99 J/m²TENACIDAD (AREA BAJO LA CURVA) = 705.85 J/m²

DUCTIBILIDAD= 3.64%

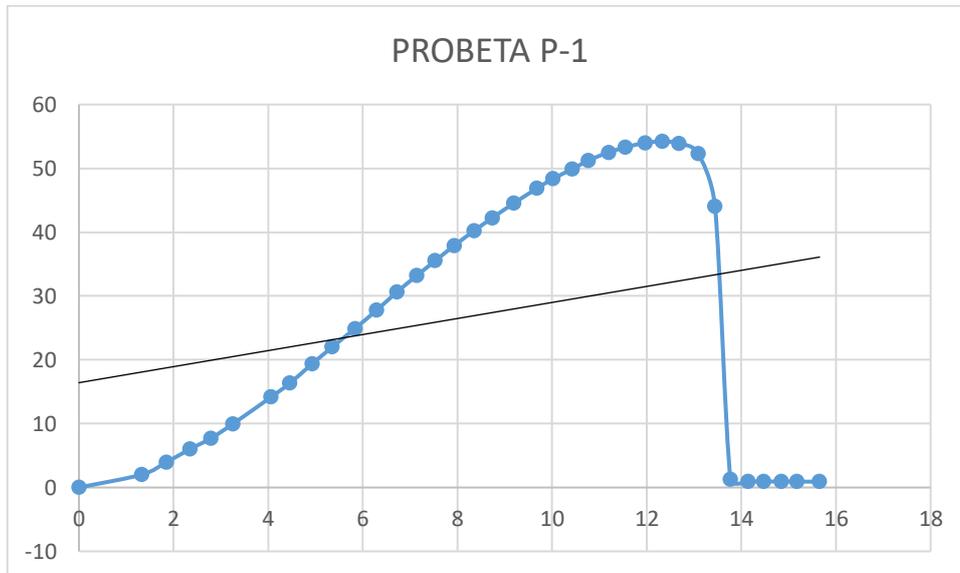
ENSAYO DE DUREZA

DUREZA SHORE D = 77.8

PROBETA P-1

Marca: MP

Tiempo de exposición: 0 horas

*Figura 46: CURVA ESFUERZO DEFORMACION P-1**Fuente: Elaboración propia***ANÁLISIS DEL DIAGRAMA**

ESFUERZO MAXIMO = 54.21 MPa

MODULO DE YOUNG = 4.40 MPa

ESFUERZO DE ROTURA= 44.05 MPa

RESILIENCIA= 250.68 J/m²TENACIDAD (AREA BAJO LA CURVA) = 400.57 J/m²

DUCTIBILIDAD= 2.02%

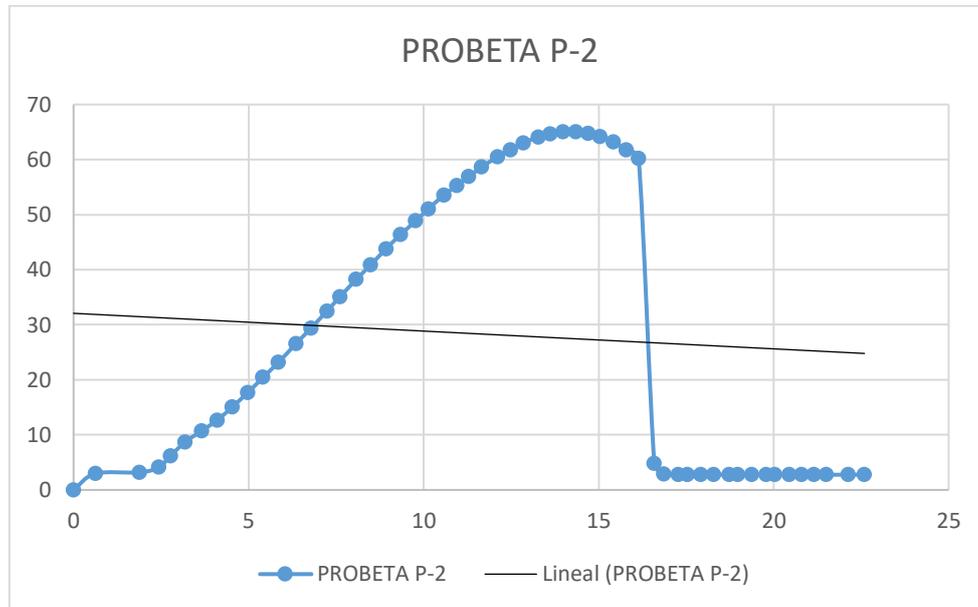
ENSAYO DE DUREZA

DUREZA SHORE D = 82.8

PROBETA P-2

Marca: MP

Tiempo de exposición: 200 horas

*Figura 47: CURVA ESFUERZO DEFORMACION P-2**Fuente: Elaboración propia***ANALISIS DEL DIAGRAMA**

ESFUERZO MAXIMO = 65.06 MPa

MODULO DE YOUNG = 4.53 MPa

ESFUERZO DE ROTURA= 60.169 MPa

RESILIENCIA= 368.75 J/m²TENACIDAD (AREA BAJO LA CURVA) = 610.89 J/m²

DUCTIBILIDAD= 0.42%

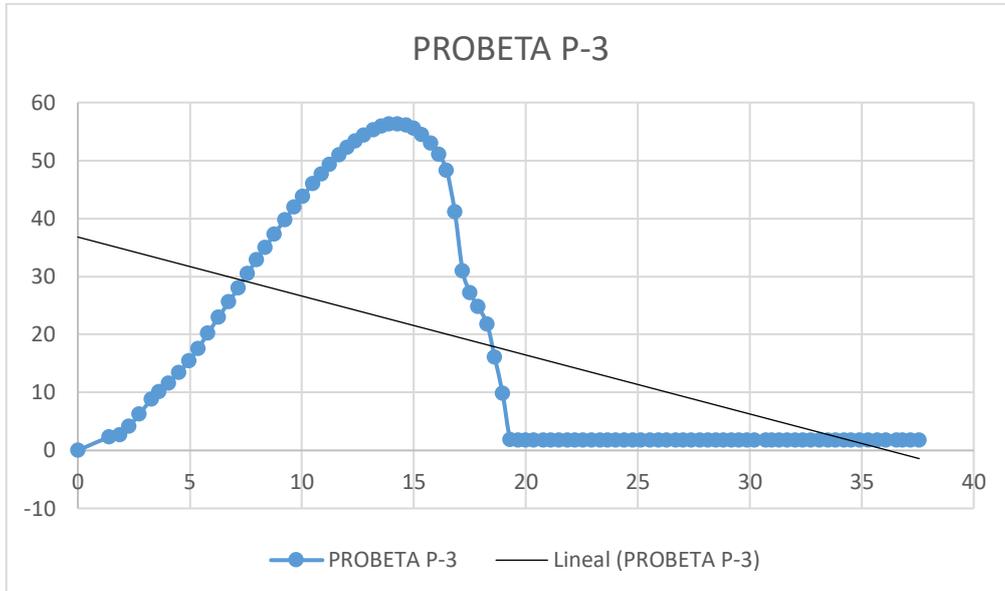
ENSAYO DE DUREZA

DUREZA SHORE D = 83.6

PROBETA P-3

Marca: MP

Tiempo de exposición: 400 horas

*Figura 48: CURVA ESFUERZO DEFORMACION P-3**Fuente: Elaboración propia***ANÁLISIS DEL DIAGRAMA**

ESFUERZO MAXIMO = 56.33 MPa

MODULO DE YOUNG = 3.88 MPa

ESFUERZO DE ROTURA= 48.335 MPa

RESILIENCIA= 381.16 J/m²TENACIDAD (AREA BAJO LA CURVA) = 622.89 J/m²

DUCTIBILIDAD= 3.05%

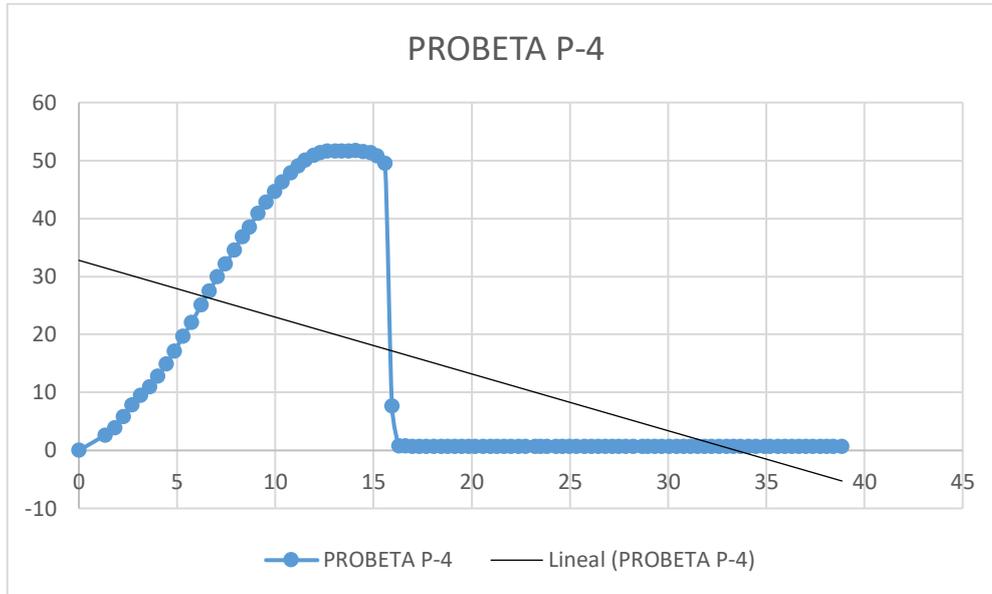
ENSAYO DE DUREZA

DUREZA SHORE D = 81.6

PROBETA P-4

Marca: MP

Tiempo de exposición: 600 horas

*Figura 49: CURVA ESFUERZO DEFORMACION P-4**Fuente: Elaboración propia***ANALISIS DEL DIAGRAMA**

ESFUERZO MAXIMO = 51.67 MPa

MODULO DE YOUNG = 4.04 MPa

ESFUERZO DE ROTURA= 49.468 MPa

RESILIENCIA= 291.87 J/m²TENACIDAD (AREA BAJO LA CURVA) = 504.72 J/m²

DUCTIBILIDAD= 0.87%

ENSAYO DE DUREZA

DUREZA SHORE D = 83

3.4 Degradación superficial de PVC

Las siguientes muestras de PVC tenían los siguientes colores y no se sometieron a exposición de radiación UV. (Figura 50, 51, 52, 53)



Figura 50: MI II

Fuente: Elaboración propia



Figura 51: ML L1

Fuente: Elaboración propia



Figura 52: MN N1

Fuente: Elaboración propia



Figura 53: MP P1

Fuente: Elaboración propia

Las siguientes muestras de PVC tuvieron un cambio de color al someterlas a 200 horas de exposición de radiación UV. (Figura 54, 55, 56, 57)



Figura 54: MI I2

Fuente: Elaboración propia



Figura 55: ML L2

Fuente: Elaboración propia



Figura 56: MN N2

Fuente: Elaboración propia



Figura 57: MP P2

Fuente: Elaboración propia

Las siguientes muestras de PVC tuvieron un cambio de color al someterlas a 400 horas de exposición de radiación UV. (Figura 58, 59, 60, 61)



Figura 58: MI I3

Fuente: Elaboración propia



Figura 59: ML L3

Fuente: Elaboración propia



Figura 60: MN N3

Fuente: Elaboración propia



Figura 61: MP P3

Fuente: Elaboración propia

Las siguientes muestras de PVC tuvieron un cambio de color al someterlas a 600 horas de exposición de radiación UV. (Figura 62, 63, 64, 65)



Figura 62: MI I4

Fuente: Elaboración propia



Figura 63: ML L4

Fuente: Elaboración propia



Figura 64: MN N4

Fuente: Elaboración propia



Figura 65: MP P4

Fuente: Elaboración propia

Capítulo IV

Resultados y discusión

4.1 Análisis superficial de degradación.

Se muestra el avance de decoloración en el PVC durante todo el tiempo de exposición de radiación UV en las diferentes marcas.

Tabla 5: Descoloramiento del PVC expuesto a radiación UV (MI)

MA RCA	HORAS DE EXPOSICION A RADIACION UV			
	0 HORAS I1	200 HORAS I2	400 HORAS I3	600 HORAS I4
MI				

Fuente: Elaboración Propia

Interpretación:

Se observó en esta marca solo un pequeño cambio de color de tonalidad de gris a las 200 horas y se mantuvo con esta tonalidad sin mayores cambios durante toda la exposición a la radiación UV hasta las 600 horas.

Tabla 6: DECOLORAMIENTO DEL PVC EXPUESTO A RADIACION UV (ML)

MA RCA	HORAS DE EXPOSICION A RADIACION UV			
	0 HORAS L1	200 HORAS L2	400 HORAS L3	600 HORAS L4
ML				

Fuente: Elaboración Propia

Interpretación:

Se observó en esta marca un cambio notorio entre amarillo y café oscuro a las 200 horas y se aclaraban los colores a medida que avanzaban las horas de exposición hasta las 600 horas.

Tabla 7: Decoloramiento del PVC expuesto a radiación UV (MN)

MA RCA	HORAS DE EXPOSICION A RADIACION UV			
	0 HORAS N1	200 HORAS N2	400 HORAS N3	600 HORAS N4
MN				

Fuente: Elaboración Propia

Interpretación:

Se observó en esta marca un cambio notorio entre amarillo y café oscuro a las 200 horas y se conservaba dicha decoloración a medida que avanzaban las horas de exposición hasta las 600 horas.

Tabla 8: Descoloramiento del PVC expuesto a radiación UV (MP)

MA RCA	HORAS DE EXPOSICION A RADIACION UV			
	0 HORAS P1	200 HORAS P2	400 HORAS P3	600 HORAS P4
MP				

Fuente: Elaboración Propia

Interpretación:

Se observó en esta marca un cambio notorio entre amarillo y café oscuro a las 200 horas, volviéndose más oscuro dichos colores a medida que avanzaban las horas de exposición hasta las 600 horas.

4.2 Análisis de ensayo de tracción

Se comparó los resultados obtenidos de las curvas esfuerzo deformación a las distintas horas de exposición de radiación UV.

Tabla 9: Propiedades de la marca MI a distintos tiempos de exposición de radiación UV

MARCA	PROPIEDAD	TIEMPO DE EXPOSICION			
		0 Hr	200 Hr	400 Hr	600 Hr
MI	ESFUERZO MAXIMO	51.822	61.65	57.25	51.86
	MODULO DE YOUNG	4.065	4.5	4.24	3.55
	ESFUERZO ROTURA	30.275	28.634	29.3	51.864
	RESILIENCIA	264.83	239.60	281.04	245.01
	TENACIDAD	461.69	1057.82	759.87	363.43
	DUCTILIDAD	2.04	5.54	5.9	0.76
	DUREZA	81.8	75.4	78.6	75.2

Fuente: Elaboración Propia

Interpretación:

- Se observa en el cuadro que al momento de aumentar ductilidad por efecto de la radiación UV, aumentamos esfuerzo máximo y módulo de Young.
- La ductilidad también influye en la tenacidad, proporcionalmente.
- El Esfuerzo de rotura se mantiene y luego aumenta, debido a la disminución de la ductilidad volviendo al material incapaz de deformarse plásticamente.
- La resiliencia trata de mantenerse ya que es la energía del material hasta que llega al esfuerzo máximo.
- La tenacidad experimenta el mismo efecto que el esfuerzo máximo aumenta hasta las 200 horas y luego disminuye hasta las 600 horas de exposición.

- La dureza se ve afectada de forma decreciente por el aumento de horas de exposición de radiación UV.

Tabla 10: Propiedades de la marca ML a distintos tiempos de exposición de radiación UV

MARCA	PROPIEDAD	TIEMPO DE EXPOSICION			
		0 Hr.	200 Hr.	400 Hr.	600 Hr.
ML	ESFUERZO MAXIMO	52.92	50.77	57.91	48.31
	MODULO DE YOUNG	8.73	7.64	5.04	4.25
	ESFUERZO ROTURA	28.73	23.314	55.106	37.61
	RESILIENCIA	110.35	120.39	293.85	206.48
	TENACIDAD	1297.38	692.05	655.65	521.03
	DUCTILIDAD	10.88	5.013	0.02	3.03
	DUREZA	79.6	69.8	74.8	74

Fuente: Elaboración Propia

Interpretación:

- Se Observa en esta marca que la ductilidad decrece progresivamente conforme aumenta las horas de exposición.
- El esfuerzo máximo trata de mantener en sus valores.
- El módulo de Young desciende al igual que la ductilidad.
- El Esfuerzo de rotura aumenta y luego disminuye al aumentar las horas de exposición en las 600 horas de radiación UV.
- La resiliencia aumenta y debido a los altos esfuerzos máximos.

- La tenacidad decrece debido a la disminución progresiva de la ductilidad que no permite que haya deformación plástica cuando disminuye, que ocasiona que la curva esfuerzo deformación sea más compacta.
- La dureza se ve afectada de forma decreciente por el aumento de horas de exposición de radiación UV.

Tabla 11: Propiedades de la marca MN a distintos tiempos de exposición de radiación UV

MARCA	PROPIEDAD	TIEMPO DE EXPOSICION			
		0 Hr	200 Hr	400 Hr	600 Hr
MN	ESFUERZO MAXIMO	50.90	55.68	59.40	58.95
	MODULO DE YOUNG	4.04	6.83	6.96	7.22
	ESFUERZO ROTURA	40.36	43.153	44.92	49.379
	RESILIENCIA	254.59	143.18	124.07	273.99
	TENACIDAD	464.16	868.66	627.72	705.85
	DUCTILIDAD	0.5	5.08	2.6	3.64
	DUREZA	79	77.4	76.4	77.9

Fuente: Elaboración Propia

Interpretación:

- Se Observa en esta marca que la ductilidad crece y se mantiene alta.
- El esfuerzo máximo trata de mantener en sus valores.
- El módulo de Young asciende al igual que la ductilidad.

- El Esfuerzo de rotura aumenta al aumentar las horas de exposición en las 600 horas de radiación UV.
- La resiliencia trata de mantenerse en los valores mencionados.
- La tenacidad al igual que la resiliencia trata de mantenerse en los valores mencionados.
- La dureza se ve afectada de forma decreciente por el aumento de horas de exposición de radiación UV.

Tabla 12: Propiedades de la marca MP a distintos tiempos de exposición de radiación UV

MARCA	PROPIEDAD	TIEMPO DE EXPOSICION			
		0 Hr	200 Hr	400 Hr	600 Hr
MP	ESFUERZO MAXIMO	54.21	65.06	56.33	51.67
	MODULO DE YOUNG	4.40	4.53	3.88	4.04
	ESFUERZO ROTURA	44.05	60.169	48.335	49.468
	RESILIENCIA	250.68	368.75	381.16	291.87
	TENACIDAD	400.57	610.89	622.89	504.72
	DUCTILIDAD	2.02	0.42	3.05	0.87
	DUREZA	82.8	83.6	81.6	83

Fuente: Elaboración Propia

Interpretación:

- Se Observa en esta marca que la ductilidad decrece al aumenta las horas de exposición.

- El esfuerzo máximo trata de mantener en sus valores.
- El módulo de Young desciende al igual que la ductilidad.
- El Esfuerzo de rotura aumenta y luego disminuye al aumentar las horas de exposición en las 600 horas de radiación UV.
- La resiliencia aumenta y debido a los altos esfuerzos máximos.
- La tenacidad aumenta y luego decrece debido a la disminución progresiva de la ductilidad que no permite que haya deformación plástica cuando disminuye.
- La dureza se mantiene en esta marca.

4.3 Comparación de los resultados

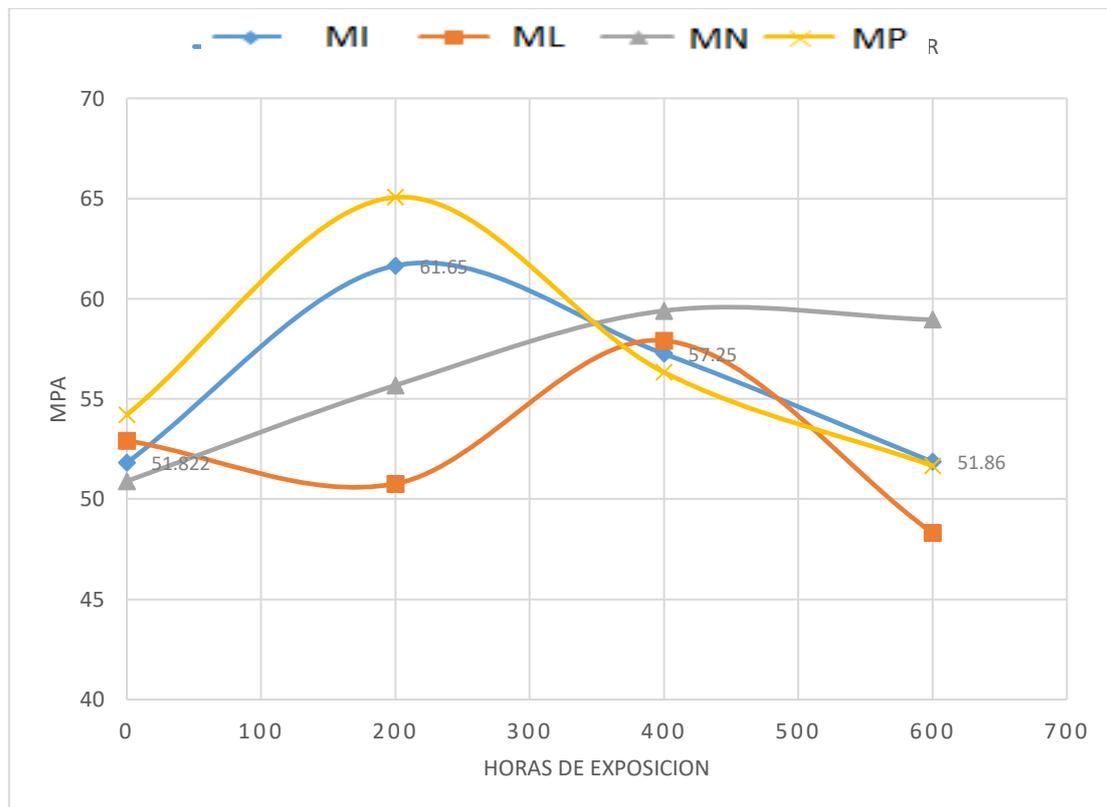


Figura 66: COMPARACION DE LOS ESFUERZOS MÁXIMOS

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

- En todas las curvas experimenta un pequeño aumento y luego una caída en sus esfuerzos máximos.

- Todas las marcas experimentan esta caída de sus esfuerzos máximos.
- La que menos fue afectada fue la marca MN.
- La marca que experimento los cambios más drásticos fue la marca MP y ML.
- La marca MI aumento su valor y luego disminuyo hasta su valor actual.
- Observamos que todas las marcas comenzaron con valores similares y luego según la formulación de cada uno experimentaron distintas curvas.

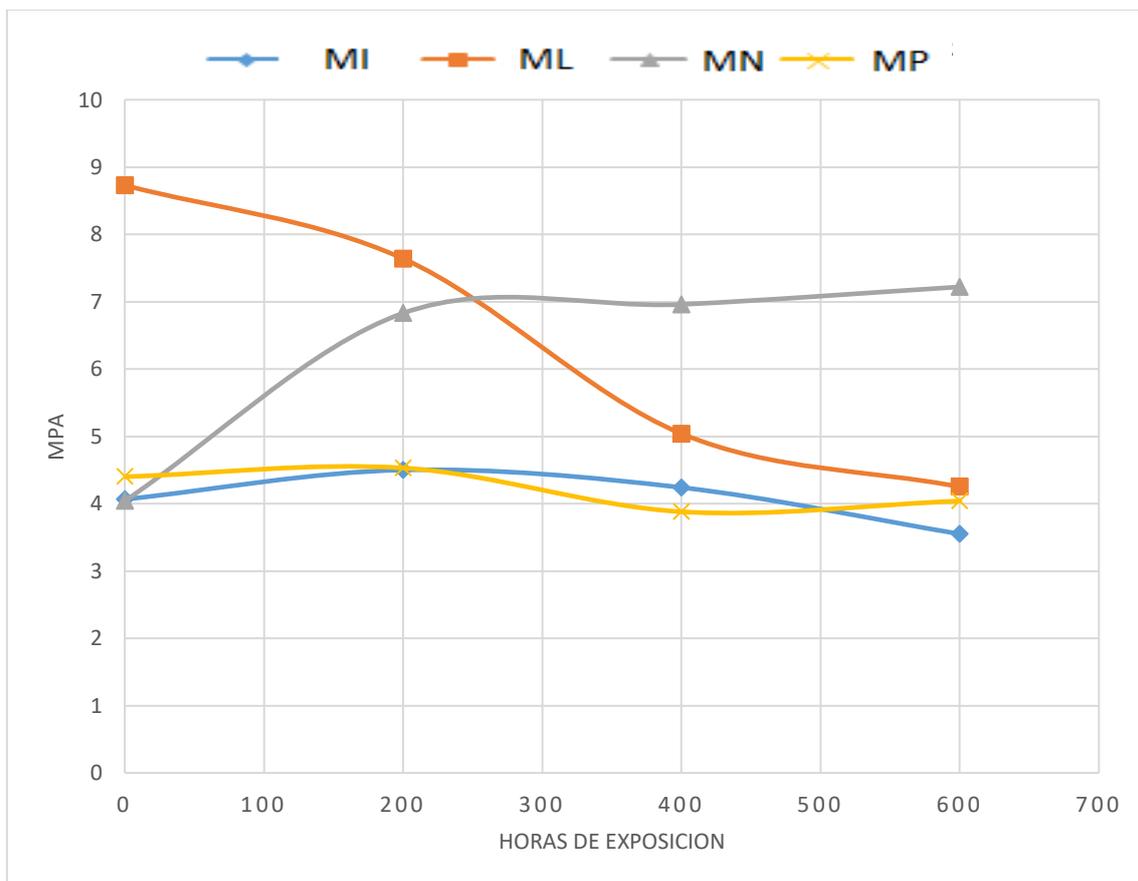


Figura 67: COMPARACION DE LOS MODULOS DE YOUNG

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

- Podemos Observar que todas las marcas comienzan de un punto similar excepto la marca ML.
- Las marcas MP e MI son las que experimentaron menores cambios en sus módulos de Young.

- La marca MN experimenta un ascenso en su módulo de Young.
- La marca ML experimenta un descenso drástico en sus módulos de Young.
- El promedio de las marcas que tuvieron menores variaciones fue ente 3.5 y 4.5 el módulo de Young.

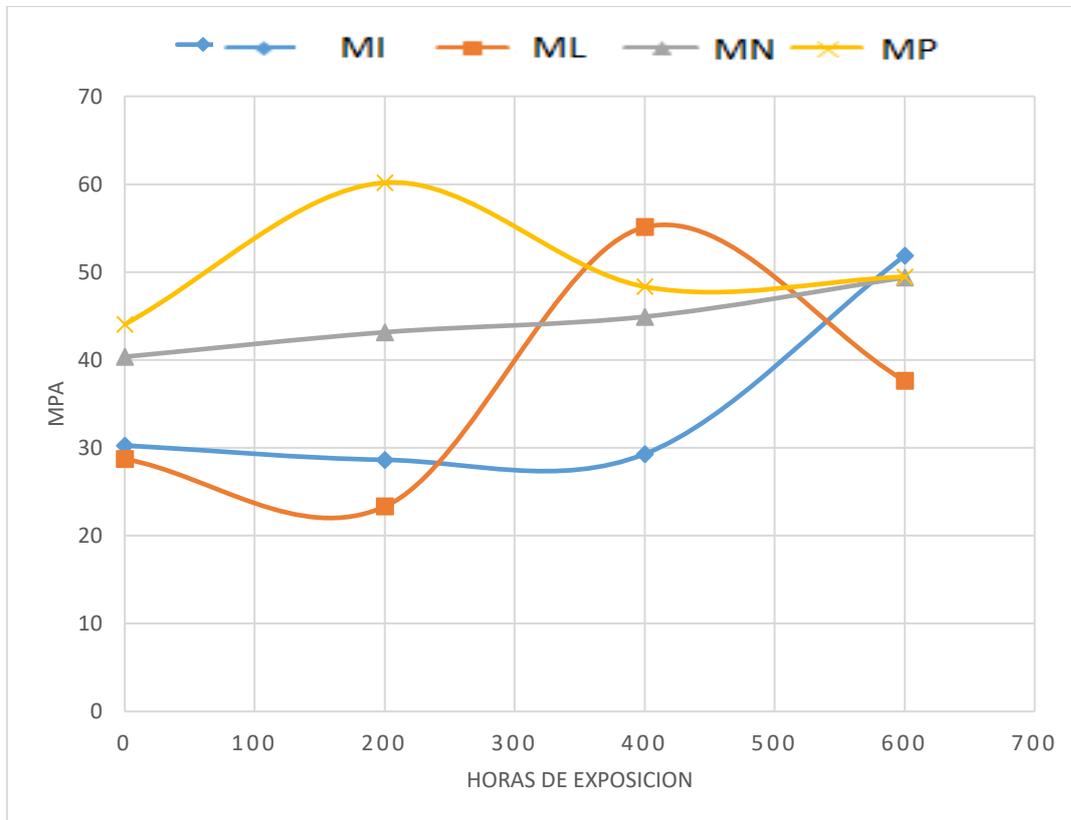


Figura 68: COMPARACION DE LOS ESFUERZOS DE ROTURA

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

- Podemos Observar que todas las marcas comienzan de unos puntos similares.
- Se observa que también a la exposición de 600 horas los esfuerzos de rotura llegan a ser parecidos.
- Las marcas ML es las que experimento cambios más notorios dentro de la gráfica.
- La marca MN e MI experimenta un ascenso ligero en su esfuerzo de rotura.
- La marca MP experimenta un leve cambio a las 200 horas de exposición y luego se estabiliza a casi 50 MPa.

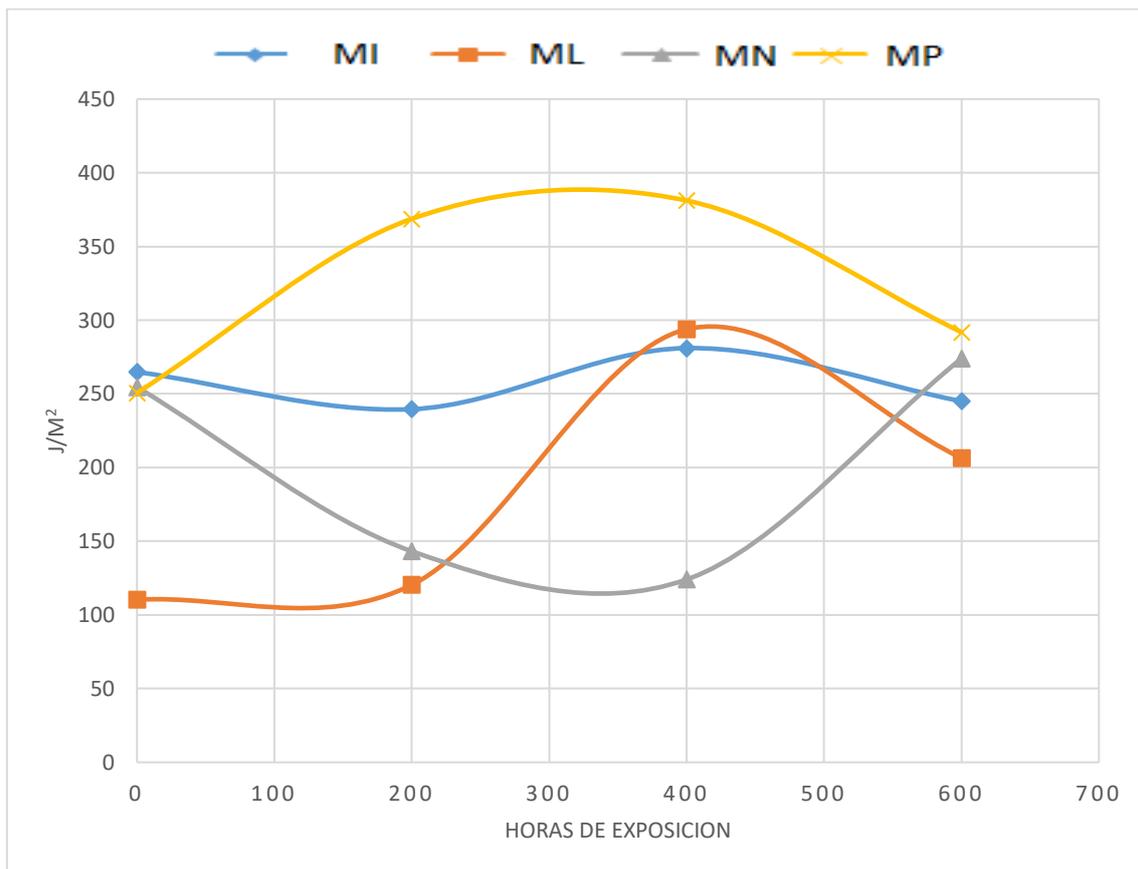


Figura 69: COMPARACION DE LAS RESILIENCIA

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

- En la siguiente gráfica volvemos a encontrar la marca ML que es la que sufre más cambios drásticos en sus propiedades.
- La marca que conserva una estabilización en su resiliencia es MI con aproximadamente 250 J/m².
- En la marca MP se ve un ascenso y luego un descenso pronunciado a las 600 horas de exposición.
- En la marca MN observamos una curva descendente y luego ascendente, estas curvas son bastante influenciadas por la radiación UV en la formulación que hace que el PVC aumente o disminuya su ductilidad.

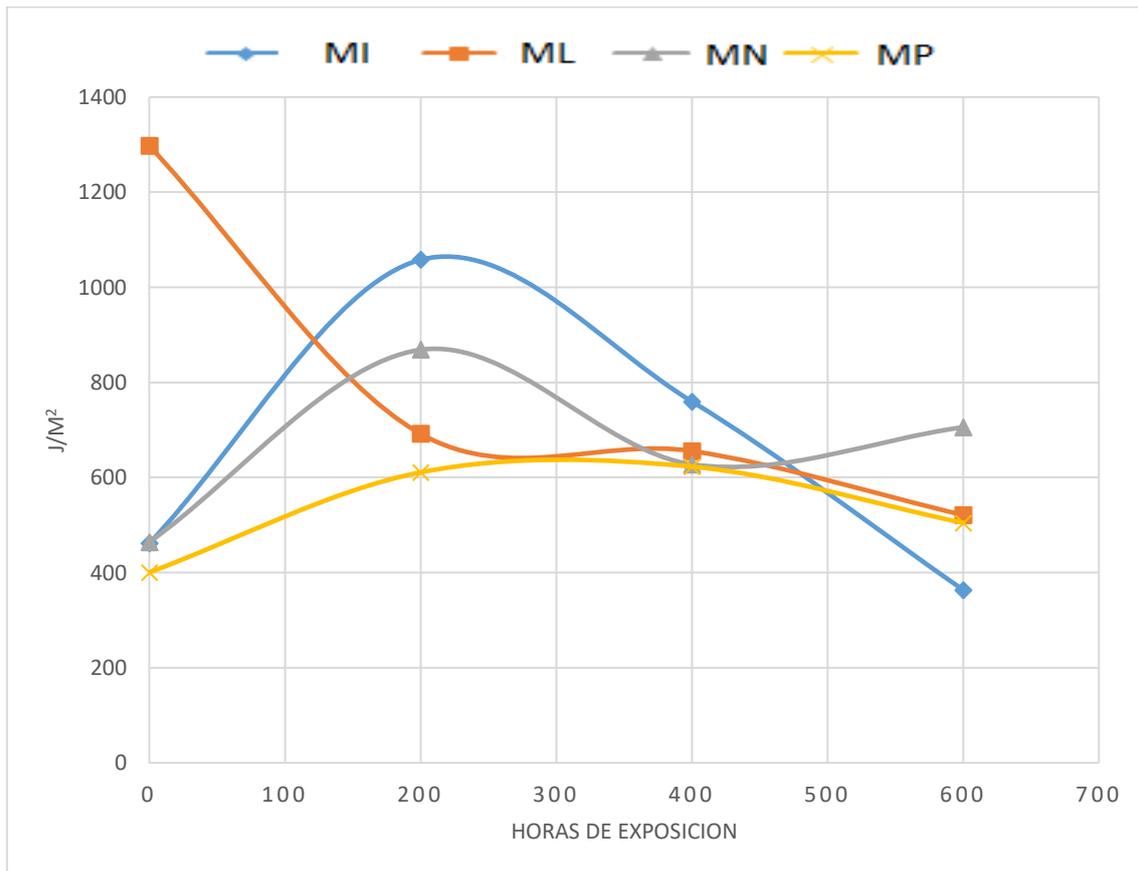


Figura 70: COMPARACION DE LAS TENACIDADES

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

- En la gráfica podemos observar que la mayoría de curvas comienzan del mismo punto y terminan casi en el mismo punto excepto la marca ML.
- Todas las marcas experimentan un aumento y luego descenso en sus tenacidades con respecto a la tracción, excepto la marca ML.
- La marca INYETOPLAST ofrece la curva más pronunciada.
- La marca que menos variaciones experimento fue de la marca PLASTIUR.

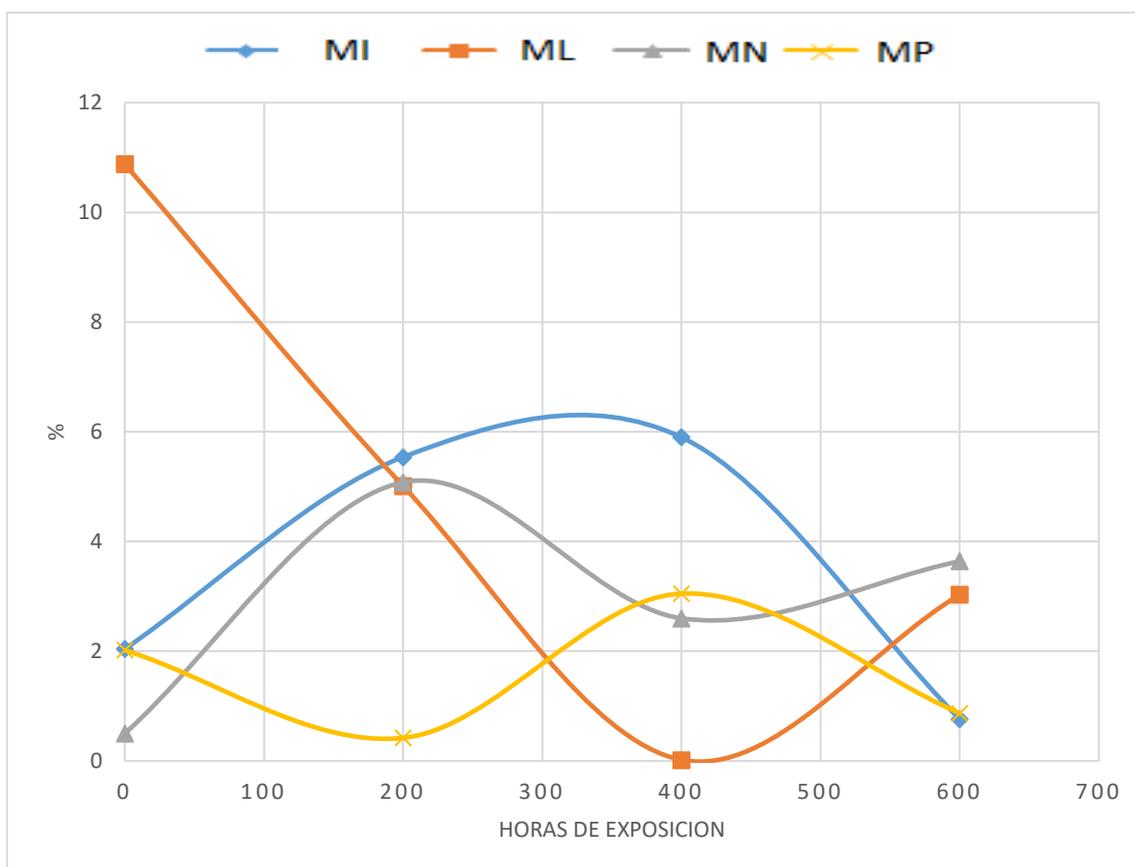


Figura 71: COMPARACION DE LAS DUCTILIDADES

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

- La marca que ofrece más variación es ML.
- La marca que ofrece más estabilidad después de la exposición a radiación UV es MP.
- El inicio de las gráficas es casi similar excepto de la marca ML.
- El final de todas las gráficas es casi similar entre si.
- La marca MI ofrece un ascenso y luego un descenso en su ductilidad.
- La marca MN tiene variaciones, pero no tan drásticas como las de la marca ML.

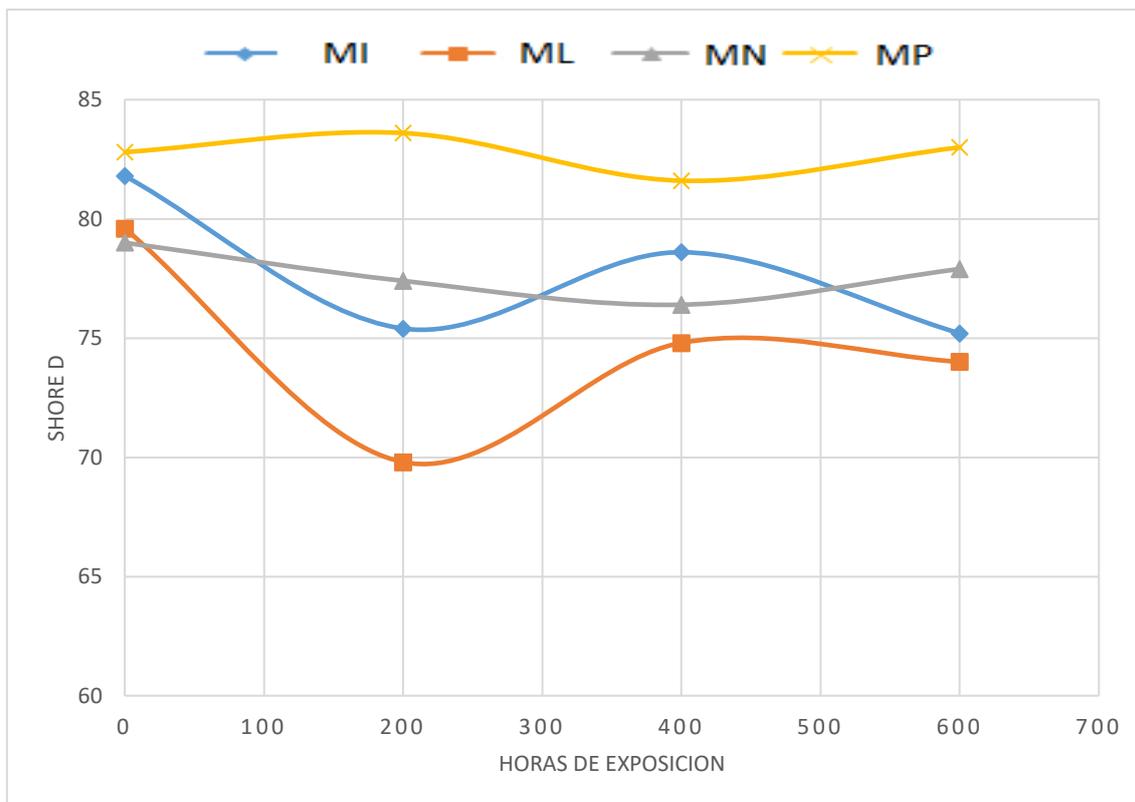


Figura 72: COMPARACION DE LAS DUREZAS

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

- La marca MP ofrece una estabilidad casi en todas las horas de exposición de radiación UV.
- En la gráfica se vuelve a notar las drásticas variaciones de la marca ML.
- Las marcas MI y MN tienen ligeras variaciones, pero se mantienen con una curva leve de descenso.

Conclusiones

1. Podemos inferir que la marca ML es la más impredecible en cuanto a sus propiedades iniciales y también después de su exposición a la radiación UV, debido a su alta ductilidad de 3.03 después de 600 Hrs se inicio con 10.88, también se obtuvo una decoloración de dicho PVC, es por ello que no se recomienda para su uso.
2. La marca MI, demostró una tolerancia a la decoloración bastante alta, pero la misma tendencia de las otras marcas en cuanto a su variación de propiedades conforme se aumentaba las horas de exposición de radiación UV, es recomendable para productos que no realicen esfuerzos o para un tiempo de uso determinado.
3. La marca MN es muy similar a la marca MI, solo varía en su resiliencia entre 254 y 264, esto debido a una baja ductilidad en sus propiedades iniciales, la exposición a la radiación UV generó una decoloración amarillenta en la misma, la cual es recomendable pero solo para un uso de tiempo determinado.
4. La marca MP demostró una estabilidad en sus propiedades después de la exposición a la radiación UV lo cual es muy favorable, sin embargo, también obtuvo una decoloración de color amarillo con café, la cual no refleja una buena presentación, pero es recomendable usar esta marca por la estabilidad que demostró después de las pruebas sometidas.
5. En el presente trabajo se enfatizó la exposición a radiación UV mas no la degradación por temperatura es por ello que se trabajó a temperatura de 28°C y a una humedad relativa de 60% las cuales fueron medidas por sensores ARDUINO, los cuales fueron programados.

Recomendaciones

- Someter a mayores tiempos de exposición las probetas.
- Realizar esta prueba con otras marcas del mercado.
- Incluir la termo degradación para determinar mejor su tiempo de vida de los productos de PVC.
- Probar la foto degradación con otras fórmulas de PVC y con otros polímeros.

Referencias

- ALLEN, N.S.; EDGE, M. y HORIE, C.V. (Ed). *Polymers in Conservation*. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 1992.
- AREIZAGA, J.; CORTÁZAR, M.M.; ELORZA, J.M. e ITUIN, J.J. *Polímeros*. Madrid: Síntesis, 2002.
- CAPPITELI, F.; SHASHOUA, Y. y VASSALLO, E. (ed), “Macromolecules in Cultural Heritage”, *Macromolecular Symposia*, 238 (1), 2006, pp. 1-104.
- CHÉRCOLES, R.; SAN ANDRÉS, M.; DE LA ROJA, J.M. y GÓMEZ, M. “Analytical Characterization of Polymers Used in Conservation”. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 395, 2009, pp. 2081–2096.
- CHÉRCOLES, R.; SAN ANDRÉS, M.; DE LA ROJA, J.M. y GÓMEZ, M. “Compositional Variations of Polymers Used in Conservation. Study by ATR-FTIR Spectroscopy of Changes Promoted by UV Radiation”. *Book of Abstracts IRUG9 (9th Biennial International Conference of the Infrared and Raman Users Group)*, Buenos Aires (3–6 March), 2010, p. 82.
- CHÉRCOLES, R.; SAN ANDRÉS, M.; DE LA ROJA, J.M. y GÓMEZ, M. “Compositional Variations of Some Polymers Used in Conservation. Study by ATR-FTIR Spectroscopy of Changes Promoted by Radiation”, *e-Preservation Science*, 2010.
- EATON, L. y MEREDITH, C. (Ed). *Preprints of the Contribution to the Modern Organic Materials*, Edinburgh, 14 – 15 April, Scottish Society for Conservation & Restoration, 1988.
- GARCÍA FERNÁNDEZ-VILLA, S.; DE LA ROJA, J.M. y SAN ANDRÉS, M. “Procesos y efectos de la degradación del PVC plastificado”. En: *9ª Jornada de Conservación de Arte Contemporáneo*. Madrid: Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía, 2009.
- GRATTAN, D. (Ed). *Saving the Twentieth Century: the Conservation of Modern Materials. Proceedings of a Conference Symposium '91*. Ottawa: Canadian Conservation Institute, 1993.
- GEUSKENS, G.; BAEYENS-VOLANT, D.; DELAUNOIS, G.; LU-VINH, Q.; PIRET, W. y DAVID, C. “Photo-Oxidation of Polymers-I. A Quantitative Study of the Chemical Reactions Resulting from Irradiation of Polystyrene at 253.7nm in the Presence of Oxygene”. *European Polymer Journal*,
- GULMINE, J.V.; JANISSEK, P.R.; HEISE, H.M. y AKCELRUD, L. “Degradation Profile of Polyethylene after Artificial Accelerated Weathering” En: *Polymer Degradation and Stability*
- HORIE, C.V. *Materials for Conservation, Organic Consolidants, Adhesives and Coatings*. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1994.
- HORTA SUBYAGA, A. *Macromoléculas*. Vol. 2. Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia, 1991.
- KENEGHAN, B. y EGAN, L. *Plastics. Looking at the Future and Learning from the Past*. Londres: Archetype Publications, 2008.
- MCNEILL, I.C. “Fundamental Aspects of Polymer Degradation”. En: Allen, N.S.; Edge, M.; Horie, C.V. (eds.): *Polymers in Conservation*. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 1992, pp. 14-31.
- MILLS, J. y WHITE, R. *The Organic Chemistry of Museum Objects*. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1996.
- NICHOLSON, J.W. *The Chemistry of Polymers*. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 1991.
- RUBIOENCINAS, M.J. y MORAGUESTERRADES, A. *Descriptiva de Polímeros Sintéticos*, Madrid: ETS. Ingenieros de Caminos, 1990.

- SAN ANDRÉS, M.; CHÉRCOLES, R.; GÓMEZ, M. y DE LAROJA, J.M. “Materiales sintéticos utilizados en la manipulación, exposición y almacenamiento de obras de arte y bienes culturales. Caracterización por espectroscopia FTIR-ATR”. En: 10ª Jornada de Conservación de Arte Contemporáneo. Madrid: Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía, 2010, pp. 33-51.
- SAN ANDRÉS, M.; J.M. DE LA ROJA, J. M.; CHÉRCOLES, R.; GÓMEZ, M. y BAONZA, V.G. “Envejecimiento con radiación UV de un cartón pluma neutro. Estudio de su evolución cromática y composición”, Proceedings IX Congreso Nacional del Color, Sociedad Española de Óptica. Alicante, (29 Junio – 2 Julio), 2010, pp. 388 – 391.
- SAN ANDRÉS, M.; J.M. DE LA ROJA, J. M.; CHÉRCOLES, R.; GÓMEZ, M. y BAONZA, V.G. “Envejecimiento con radiación UV de un cartón pluma neutro. Estudio de su evolución cromática y composición”, *Óptica Pura y Aplicada* (2010)
- SAN ANDRÉS, M. y DE LA VIÑA, S. *Fundamentos de Química y Física para la Conservación y Restauración*. Madrid: Síntesis, 2004.
- SHASHOUA, Y. *Inhibiting the Deterioration of Plastized Poly(vinyl chloride). A Museum Perspective*. Ph.D. Thesis, Danish Polymer Center, Technical University of Denmark, 2001.
- SHASHOUA, Y. *Conservation of Plastics. Materials Science, Degradation and Preservation*. Londres: Butterworth-Heinemann, 2008.
- SOCRATES, G. *Infrared and Raman Characteristic Group Frequencies, Tables and Charts*. Los Ángeles: Wiley, 2001.
- VAN OOSTEN, T.; SHASHOUA, Y. y WAENTING, F. (Ed.) *Plastics in Art. History, Technology and Preservation*. Múnich: Siegl, 2002.

Anexos

Programación en arduino para sensores

```
#include <DHT.h>

#include <SD.h>

#define DHTPIN 2

#define DHTTYPE DHT22

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

File myFile;

int chipSelect = 4;

int SENSOR=2;

int TEMPERATURA;

int HUMEDAD;

int UV;

int UVOUT = A0;

void setup(){

  pinMode(chipSelect, OUTPUT);

  pinMode(SENSOR, INPUT);

  pinMode(UVOUT, INPUT);

  Serial.begin(9600);

  SD.begin(chipSelect);

  dht.begin();

  Serial.begin(9600);
```

```
Serial.print("Iniciando SD ...");

if (!SD.begin(4)) {

  Serial.println("No se pudo inicializar");

  return;

}

Serial.println("inicializacion exitosa");

}

void loop(){

  myFile = SD.open("datalog.txt", FILE_WRITE);//abrimos el archivo

  if (myFile) {

    TEMPERATURA = dht.readTemperature();

    HUMEDAD = dht.readHumidity();

    myFile.print("Temperatura: ");

    myFile.print(TEMPERATURA);

    myFile.print(" Humedad: ");

    myFile.print(HUMEDAD);

    myFile.print(" Tiempo(ms): ");

    myFile.print(millis());

    myFile.print(" Voltage: ");

    myFile.print(A0);

    myFile.print(" El indice UV es: ");

    UVOUT = analogRead(0);

    if(UVOUT < 10) {

      myFile.println("0, nivel bajo"); }

    else { if(UVOUT < 4) {
```

```
    myFile.println("1, nivel bajo"); }
else { if(UVOUT < 8) {
    myFile.println("2, nivel bajo"); }
else { if(UVOUT < 12) {
    myFile.println("3, nivel moderado"); }
else { if(UVOUT < 16) {
    myFile.println("4, nivel moderado"); }
else { if(UVOUT < 20) {
    myFile.println("5, nivel moderado"); }
else { if(UVOUT < 24) {
    myFile.println("6, nivel ALTO"); }
else { if(UVOUT < 28) {
    myFile.println("7, nivel ALTO"); }
else { if(UVOUT < 32) {
    myFile.println("8, nivel MUY ALTO"); }
else { if(UVOUT < 36) {
    myFile.println("9, nivel MUY ALTO"); }
else { if(UVOUT < 40) {
    myFile.println("10, nivel MUY ALTO"); }
else { if(UVOUT < 44) {
    myFile.println("11, nivel Ext. ALTO 'Peligro"); }
else {
    myFile.println("11+, nivel Ext. ALTO 'Peligro"); }
}}}}}}}}}}}
```

```
myFile.close();//cerramos el archivo
```

```
TEMPERATURA = dht.readTemperature();
```

```
HUMEDAD = dht.readHumidity();
```

```
Serial.print("Temperatura: ");
```

```
Serial.print(TEMPERATURA);
```

```
Serial.print(" Humedad: ");
```

```
Serial.print(HUMEDAD);
```

```
Serial.print(" El indice UV es: ");
```

```
if(UVOUT < 10) {
```

```
    Serial.println("0, nivel bajo"); }
```

```
else { if(UVOUT < 4) {
```

```
    Serial.println("1, nivel bajo"); }
```

```
else { if(UVOUT < 8) {
```

```
    Serial.println("2, nivel bajo"); }
```

```
else { if(UVOUT < 12) {
```

```
    Serial.println("3, nivel moderado"); }
```

```
else { if(UVOUT < 16) {
```

```
    Serial.println("4, nivel moderado"); }
```

```
else { if(UVOUT < 20) {
```

```
    Serial.println("5, nivel moderado"); }
```

```
else { if(UVOUT < 24) {
```

```
    Serial.println("6, nivel ALTO"); }
```

```
else { if(UVOUT < 28) {  
    Serial.println("7, nivel ALTO"); }  
else { if(UVOUT < 32) {  
    Serial.println("8, nivel MUY ALTO"); }  
else { if(UVOUT < 36) {  
    Serial.println("9, nivel MUY ALTO"); }  
else { if(UVOUT < 40) {  
    Serial.println("10, nivel MUY ALTO"); }  
else { if(UVOUT < 44) {  
    Serial.println("11, nivel Ext. ALTO 'Peligro'"); }  
else {  
    Serial.println("11+, nivel Ext. ALTO 'Peligro'"); }  
}}}}}}}}}}  
} else {  
    Serial.println("Error al abrir el archivo");  
}  
delay(60000);  
}
```

Lámpara germicida UV de 30W

4 September 2014, 10:03 pm



Datos técnicos			
Producto Tipo:	LAMPÁRA	Tecnología:	GERMICIDA
Propiedades eléctricas			
Watts:	30W		
Características físicas			
Forma:	T8	Base:	G13 / MEDIUM BI PIN
Estilo:	LINEAL DOBLE APOYO	Longitud total (cm/"): 	91.44cm/36"
Diámetro (cm/"): 	2.54cm/1"		
Mediciones de salida no visibles			
Salida de ozono:	OZONO INSIGNIFICANTE		

Características de color			
SALIDA ESPECTRAL (nm):	254NM		
Vida			
Vida:	7500H		
POWER CHARACTERISTICS			
Circuitos:	PREHEAT		
Información adicional			
Palabras clave:	SHORTWAVE UVC ULTRAVIOLET	Info adicional:	PREHEAT
Número de parte e información de pedido			
BT Part#:	GEG30T8	BT Descripción:	GE G30T8 #11080
		Fabricante:	GENERAL ELECTRIC
Mfg Prod Description:	G30T8	Código de pedido:	11080
País de origen:	JAPÓN		



Datos técnicos			
Producto Tipo:	LAMPÁRA	Tecnología:	GERMICIDA
Propiedades eléctricas			
Watts:	30W		
Características físicas			
Forma:	T8	Base:	G13 / MEDIUM BI PIN
Estilo:	LINEAL DOBLE APOYO	Longitud total (cm/"): 	91.44cm/36"
Diámetro (cm/"): 	2.54cm/1"		
Mediciones de salida no visibles			
Salida de ozono:	OZONO INSIGNIFICANTE		
Características de color			

SALIDA ESPECTRAL (nm):	254NM		
Vida			
Vida:	7500H		
POWER CHARACTERISTICS			
Circuitos:	PREHEAT		
Información adicional			
Palabras clave:	SHORTWAVE UVC ULTRAVIOLET	Info adicional:	PREHEAT
Número de parte e información de pedido			
BT Part#:	GEG30T8	BT Descripción:	GE G30T8 #11080
		Fabricante:	GENERAL ELECTRIC
Mfg Prod Description:	G30T8	Código de pedido:	11080
País de origen:	JAPÓN		

Filed under [Lámparas UV para cabinas](#) | [Permalink](#)

DATOS TECNICOS				
POLICLORURO DE VINILO RIGIDO (NO PLASTIFICADO)				PVC - U
PROPIEDADES MECANICAS A 23°C	UNIDAD	ASTM	DIN	VALORES
PESO ESPECIFICO	gr/cm ³	D-792	53479	1.45
RESIST. A A LA TRACC.(FLUENCIA / ROTURA)	Kg/cm ²	D-638	53455	550 / --
RES. A LA COMPRESION (1 Y 2 % DEF)	Kg/cm ²	D-695	53454	170 / 300
RESISTENCIA A LA FLEXION	Kg/cm ²	D-790	53452	700
RES. AL CHOQUE SIN ENTALLA	Kg.cm/cm ²	D-256	53453	NO ROMPE
ALARGAMIENTO A LA ROTURA	%	D-638	53455	> 20
MODULO DE ELASTICIDAD (TRACCION)	Kg/cm ²	D-638	53457	31000
DUREZA	Shore D	D-2240	53505	80 - 83
COEF. DE ROCE ESTATICO S/ACERO		D-1894		--
COEF. DE ROCE DINAMICO S/ACERO		D-1894		--
RES. AL DESGASTE POR ROCE				MALA
PROPIEDADES TERMICAS	UNIDAD	ASTM	DIN	VALORES
CALOR ESPECIFICO	Kcal/Kg.°C	C-351		0.28

TEMP. DE FLEXION B/CARGA (18.5Kg/cm ²)	°C	D-648	53461	55
TEMP. DE USO CONTINUO EN AIRE	°C			-15 a 60
TEMP. DE FUSION	°C			150
COEF. DE DILATACION LINEAL DE 23 A 100°C	por °C	D-696	52752	0.00011
COEF. DE CONDUCCION TERMICA	Kcal/m.h.°C	C-177	52612	0.22
PROPIEDADES ELECTRICAS				
	UNIDAD	ASTM	DIN	VALORES
CONSTANTE DIELECTRICA A 60 HZ		D-150	53483	3.2 - 3.6
CONSTANTE DIELECTRICA A 1 KHZ		D-150	53483	3.0 - 3.3
CONSTANTE DIELECTRICA A 1 MHZ		D-150	53483	2.8 - 3.1
ABSORCION DE HUMEDAD AL AIRE	%	D-570	53472	0.05 a 0.4
RESISTENCIA SUPERFICIAL	Ohm	D-257	53482	> 10 a la 13
RESISTENCIA VOLUMETRICA	Ohms-cm	D-257	53482	> 10 a la 15
RIGIDEZ DIELECTRICA	Kv/mm	D-149		12
PROPIEDADES QUIMICAS			OBSERVACIONES	
RESISTENCIA A HIDROCARBUROS			DEFICIENTE	
RESISTENCIA A ACIDOS DEBILES A TEMP. AMBIENTE			MUY BUENA	

RESISTENCIA A ALCALIS DEBILES A TEMP. AMBIENTE	MUY BUENA
RESISTENCIA A PROD. QUIMICOS DEFINIDOS	CONSULTAR
EFFECTO DE LOS RAYOS SOLARES	ALGO LO AFECTAN
APROBADO PARA CONTACTO CON ALIMENTOS	SI
COMPORTAMIENTO A LA COMBUSTION	ARDE CON DIFICULTAD
PROPAGACION DE LLAMA	AUTO EXTINGUIBLE
COMPORTAMIENTO AL QUEMARLO	SE ABLANDA Y DESCOMPONE
COLOR DE LA LLAMA	AMBAR CON BORDE VERDE
OLOR AL QUEMARLO	COLORO