

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA,**  
**ELECTRÓNICA Y SISTEMAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA**  
**ELÉCTRICA**



**ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO PARA LA FABRICACIÓN DE**  
**POSTES DE POLIESTER REFORZADO EN FIBRA DE VIDRIO**  
**COMO NUEVA ALTERNATIVA EN PROYECTOS DE**  
**ELECTRIFICACIÓN RURAL**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**MIGUEL EDWIN VILCA TURPO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**  
**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**PUNO – PERÚ**

**2019**


**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA,**  
**ELECTRÓNICA Y SISTEMAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

**ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO PARA LA FABRICACIÓN DE POSTES  
 DE POLIESTER REFORZADO EN FIBRA DE VIDRIO COMO NUEVA  
 ALTERNATIVA EN PROYECTOS DE ELECTRIFICACIÓN RURAL**

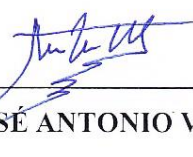
TESIS PRESENTADA POR:  
**MIGUEL EDWIN VILCA TURPO**  
 PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**



APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE :   
 M.Sc. MARIO MAMANI PAMPA

PRIMER MIEMBRO :   
 Ing. LEONEL MARINO CASTILLO ENRÍQUEZ

SEGUNDO MIEMBRO :   
 M.Sc. JOSÉ ANTONIO VARGAS MARÓN

DIRECTOR / ASESOR :   
 M.Sc. JUAN RENZO ILLACUTIPA MAMANI

TEMA : Fibra de Vidrio  
 Área : Ingeniería Mecánica

FECHA DE SUSTENTACIÓN 01 DE ABRIL DEL 2019

## DEDICATORIA

*A mis padres, Lucas Vilca Llanos y Juana Turpo Cutiri, por haberme permitido existir y brindarme todo su apoyo, amor y cariño.*

*A mis hermanos y hermana, quienes siempre estuvieron pendientes y brindarme todo su apoyo.*

*A mi esposa por su gran amor y comprensión, al apoyarme y alentarme a seguir adelante.*

*A mis hijas Fatima y Lucía quienes son la luz de mis días.*

*MIGUEL EDWIN VILCA TURPO*

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno y a la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica; donde adquirí los conocimientos básicos y la formación académica para enfrentar los desafíos de este nuevo siglo.

A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica; por impartir sus conocimientos teórico prácticos necesarios para crecer profesionalmente.

A los miembros del jurado: M.Sc. Mario Mamani Pampa, Ing. Leonel Castillo Enríquez, M.Sc. José Antonio Vargas Marón y a mi director M.Sc. Juan Renzo Illacutipa Mamani.

A mis padres y familiares por estar siempre presentes.

## ÍNDICE

RESUMEN .....	10
ABSTRACT .....	11
INTRODUCCIÓN.....	12
CAPÍTULO I .....	13
Planteamiento Del Problema De Investigación .....	13
1.1. Descripción Del Problema .....	13
1.2. Formulación De Problema.....	14
1.2.1. Problema General .....	14
1.2.2. Problemas Específicos .....	14
1.3 Justificación De Investigación .....	14
1.4 Objetivo De Investigación .....	15
1.4.1 Objetivo General .....	15
1.4.2 Objetivos Específicos.....	15
CAPÍTULO II .....	16
Revisión De Literatura .....	16
2.1. Antecedentes De La Investigación .....	16
2.2. Marco Teórico .....	17
2.2.1. El Poliéster.....	19
2.2.2. Fibra De Vidrio.....	22
2.2.3. Elementos Para Obtener Prfv.....	29
2.2.4. Proceso De Obtención Del Prfv .....	33
2.2.5. Fabricación De Fibra De Vidrio.....	34
2.2.6. Método De Fabricación De Postes De Prfv .....	46
2.3. Hipótesis.....	59
2.3.1. Hipótesis General .....	59
2.3.2. Hipótesis Específica .....	60
2.4. Operacionalización De Variables.....	60
CAPÍTULO III .....	61

Materiales Y Métodos .....	61
3.1. Tipo Y Diseño De Investigación .....	61
3.2. Población Y Muestra .....	61
3.3. Proceso De Fabricación De Poste De Prfv .....	61
3.4. Instrumentos Para Recolección De Datos .....	66
3.4.1. Dinamómetro .....	67
3.4.2. Tecele .....	67
3.4.3. Flexómetro .....	68
3.5. Estudio Económico Y De Costos .....	68
3.5.1. Materia Prima .....	68
3.5.2. Análisis De Costos Unitarios .....	70
CAPÍTULO IV .....	75
Resultados Y Discusión .....	75
4.1 Resultados .....	75
Primera .....	75
Segunda .....	76
Tercera .....	79
4.2 Discusión .....	79
CONCLUSIONES .....	80
Primera: .....	80
Segunda: .....	80
Tercera: .....	80
RECOMENDACIONES .....	81
Primera: .....	81
Segunda: .....	81
Tercera: .....	81
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	82
ANEXOS .....	84

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 2.1: Poliéster descubierto por Staudinger (1881-1965) .....	22
Figura N° 2.2: Presentación de fibra de vidrio .....	29
Figura N° 2.3: Fabricación de filamentos de fibra de vidrio .....	35
Figura N° 2.4: Presentación en bobina de fibra de vidrio.....	36
Figura N° 2.5: Método de fabricación filament winding.....	47
Figura N° 2.6: Curva esfuerzo deformación unitaria.....	52
Figura N° 3.1: Proceso de fabricación .....	62
Figura N° 3.2: Pantalla del programa estructural.....	63
Figura N° 3.3: Configuración del programa estructural.....	64
Figura N° 3.4: Pantalla del programa estructural - diseño del poste.....	66
Figura N° 3.5: Disposición para prueba de carga nominal y rotura .....	66
Figura N° 4.1: Gráfico fuerza deformación .....	77
Figura N° 4.2: Esfuerzo deformación .....	78
Figura N° 4.3: Fuerzas actuantes .....	78

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 2.1: Propiedades mecánicas de fibra de vidrio .....	27
Tabla N° 2.2: Propiedades mecánicas de postes de PRFV .....	32
Tabla N° 2.3: Propiedades de tipos de fibra de vidrio .....	32
Tabla N° 2.4: Operacionalización de variables .....	60
Tabla N° 3.1: Materia prima para poste de 8/200 daN .....	69
Tabla N° 3.2: Materia prima para poste de 8/300 daN .....	69
Tabla N° 3.3: Materia prima para poste de 9/300 daN .....	69
Tabla N° 3.4: Materia prima para poste de 13/300 daN .....	69
Tabla N° 3.5: Materia prima para poste de 13/400 daN .....	70
Tabla N° 3.6: APU para transporte de poste de 8/200 daN .....	70
Tabla N° 3.7: APU para transporte de poste de 9/300 daN .....	71
Tabla N° 3.8: APU para transporte de poste de 13/300 daN .....	71
Tabla N° 3.9: APU para transporte de poste de 13/400 daN .....	72
Tabla N° 3.10: APU para izaje de poste de 8/200 daN.....	72
Tabla N° 3.11: APU para izaje de poste de 9/300 daN.....	73
Tabla N° 3.12: APU para izaje de poste de 13/300 daN.....	73
Tabla N° 3.13: APU para izaje de poste de 13/400 daN.....	74
Tabla N° 4.1: Cuadro de comparación entre estructuras .....	75
Tabla N° 4.2: Cuadro fuerza - deformación .....	77
Tabla N° 4.3: Comparación de costos unitarios de postes.....	79
Tabla N° 4.4: Comparación de APU transporte de postes.....	79
Tabla N° 4.5: Comparación de APU de izaje de postes .....	79



## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

PRFV	: Poliéster Reforzado en Fibra de Vidrio
C.A.C.	: Concreto Armado Centrifugado
MEM	: Ministerio de Energía y Minas
daN	: Deca Newton
Mpa	: Mega Pascales
Kg	: Kilogramo
gr	: Gramo
m	: Metro
cm	: Centímetro
mm	: Milímetro
kgf	: Kilogramo fuerza
%	: Porcentaje

## RESUMEN

El estudio técnico-económico para la fabricación de postes de poliéster reforzado en fibra de vidrio, nos permitirá proponer y analizar los bienes y servicios que se requieren, para satisfacer las necesidades en los proyectos de electrificación rural. Este análisis identifica los equipos, la maquinaria, las materias primas y las instalaciones necesarias para el proyecto y, por tanto, los costos de inversión, operación, así como el capital de trabajo que se necesita. El diseño de estos postes debe cumplir con las especificaciones técnicas aprobadas por el ministerio de energía y minas. El tipo de investigación aplicado al proyecto de tesis es de forma exploratoria debido a que la información es vaga o poco conocida, por medio del análisis se pueden identificar relaciones potenciales entre variables que establecen un punto de partida para investigaciones futuros. Los resultados cumplen con las normas técnicas.

**Palabras Clave:** estudio, técnico, económico, poste, poliéster, fibra, vidrio.

## ABSTRACT

The technical-economic study for the manufacture of polyester reinforced fiberglass poles will allow us to propose and analyze the goods and services that are required, to satisfy the needs in rural electrification projects. This analysis identifies the equipment, the machinery, the raw materials and the necessary facilities for the project and, therefore, the costs of investment, operation, as well as the working capital that is needed. The design of these posts must comply with the technical specifications approved by the Ministry of Energy and Mines. The type of research applied to the thesis project is exploratory because the information is vague or little known, through the analysis can identify potential relationships between variables that establish a starting point for future research. The results comply with technical standards.

**Keywords:** study, technical, economic, pole, polyester, fiber, glass.

## INTRODUCCIÓN

Los postes de poliéster reforzado en fibra de vidrio se desarrollaron con la finalidad de cubrir necesidades importantes en la distribución como: la topografía compleja de nuestro país, el difícil acceso, los ambientes húmedos corrosivos de la selva, suelos salinos de las playas y zonas costeras. Por lo que las ventajas de estos postes son la solución; el bajo peso, facilidad en el transporte, resistente a la corrosión e intemperie, vida útil prolongada, resistente a los rayos UV y un mantenimiento prácticamente nulo. Hacen que este producto cumpla con las especificaciones técnicas requeridas para su fabricación.

**CAPÍTULO I:** En este capítulo se describe el planteamiento de problema de investigación y la formulación del problema, luego, la justificación por la cual se realizó la investigación, y finalmente los objetivos de la investigación.

**CAPÍTULO II:** En este capítulo se describen los antecedentes de la investigación, revisión de literatura, donde se describen los conceptos básicos que nos ayudarán a comprender mejor los materiales y métodos en el desarrollo de la investigación, las hipótesis y operacionalización de variables.

**CAPÍTULO III:** En este capítulo tratamos el tipo y diseño de investigación, población y muestra, descripción de instrumentos para recolección de datos, estudio económico y análisis de costos unitarios.

**CAPÍTULO IV:** En este capítulo describimos los resultados obtenidos de la investigación, así como la comparación con otros productos similares.

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La creciente demanda de energía eléctrica en los centros poblados alejados del territorio peruano, ha impulsado que el ministerio de energía y minas apruebe el plan nacional de electrificación rural periodo 2015 – 2024 para promover el desarrollo sostenible de electrificación de zonas rurales, localidades aisladas y de frontera. Para ello en los proyectos de electrificación rural, se utilizan postes que deben cumplir las especificaciones técnicas requeridas para la fabricación pruebas y entrega del poste que se utilizará. Los postes de concreto armado centrifugado (C.A.C.) presentan dificultades de maniobras, además se presentan altas corrosiones en las zonas costeras del litoral, finalmente debemos señalar que los postes de C.A.C. presentan mayor peligro para el personal técnico durante los procesos de transporte, izaje y mantenimiento.

Por la geografía de nuestro país, caso sierra en zonas donde el único medio ya no es carretera afirmada o trochas carrózales sino caminos de herradura, caso selva el único medio de transporte son los ríos y caminos de herradura con vegetación o monte, con ambientes húmedos, caso costa para este caso además de lugares inaccesibles, el ambiente es húmedo y salitroso que son perjudiciales para los postes convencionales.

En la ejecución de proyectos eléctricos tenemos varias actividades, de las cuales el transporte de poste a lugares de difícil acceso es el más peligroso, así como el izaje del mismo. Por lo tanto, existen procedimientos de maniobra y con el personal calificado para realizar esta actividad, aun así existe el riesgo de sufrir un accidente tanto material como personal, todo esto nos lleva al retraso de la obra.

## **1.2. FORMULACIÓN DE PROBLEMA**

### **1.2.1. PROBLEMA GENERAL**

¿El Estudio Técnico Económico para la Fabricación de Postes de Poliéster Reforzado en Vibra de Vidrio como nueva alternativa en Proyectos de Electrificación Rural, nos permitirá diseñar un nuevo producto e instaurar nuevos procesos y llegar a los sectores rurales y lugares de difícil acceso donde lo necesite?

### **1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

¿Los esfuerzos permisibles para un poste de 8/200 daN. Cumplirán con las especificaciones técnicas del Ministerio de Energía y Minas?

¿Cuánto es la variación de costos de un poste de poliéster reforzado en fibra de vidrio en comparación con un poste convencional?

## **1.3 JUSTIFICACIÓN DE INVESTIGACIÓN**

Los postes convencionales son difíciles de manipular debido a su peso, además existen restricciones en el momento de ser trasladados, debido a que estos son llevados en grúas y solo caben entre 6 a 8 postes; a su vez esto hace que el acercamiento a sectores rurales se vea limitado. Los postes de poliéster reforzado en fibra de vidrio poseen características especiales que mejoran su desempeño lo que se traduce en grandes ventajas para el consumidor final, una de ellas es su peso, lo que hace posible que para su manipulación no sean requeridas grúas ni equipos pesados y su manejo sea fácil, seguro, rápido y económico.

## **1.4 OBJETIVO DE INVESTIGACIÓN**

### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL**

Realizar el Estudio Técnico Económico para la Fabricación de Postes de Poliéster Reforzado en Vibra de Vidrio como nueva alternativa en Proyectos de Electrificación Rural.

### **1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar el estudio técnico de un poste de 8/200 daN. de esfuerzo.
- Realizar la evaluación económica y de costos unitarios del poste.

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Vidal Parihuana – método de fabricación por centrifugado de postes de fibra de vidrio - 2018. Concluye que el método de fabricación por centrifugado garantiza las mejores características de esfuerzos permisibles y características superficiales, estos valores son superiores a los recomendados por el MEM. Y garantizan una vida útil superior a los 50 años.

Andrés Pineda – estudio técnico y de mercado para determinar la viabilidad de una línea de producción de postes en plástico reforzado en fibra de vidrio – 2015. Concluye que debido a las propiedades de las materias primas y su combinación permite que el poste cumpla con las especificaciones requeridas y pueda ser un equivalente a un producto convencional de concreto, cumpliendo con las mismas funciones esperadas. Se evidencia la necesidad de generar un programa de capacitación sobre el trabajo con tela de fibra de vidrio, programa rápido y práctico que permita optimizar el proceso al momento de la producción. Es necesario que en la elaboración del plan de mercadeo se incluyan acciones de promoción y difusión de las bondades del producto a las constructoras de la región, además de promociones con precios atractivos de introducción al mercado. Por último el tanteo que se ha realizado sobre los costos de producción de postes con el proceso semi-industrial debería evaluarse, ya que el costo preliminar que se generó para el poste es de 2,576.469.00 dólares. Limitando así la penetración al mercado.

José Salinas – diseño y construcción de una máquina para elaborar postes de fibra de vidrio reforzada. Concluye que fue indispensable la conceptualización de las ideas y la investigación de patentes para el desarrollo del diseño de la máquina, ya que se partió



sin ningún conocimiento previo de este tipo de equipos, a pesar de ser una etapa larga y tediosa es importante la investigación, pues sin esto se reinventarlo lo inventado o se cometería errores pasados; la idea de diseñar es implementar conocimientos existentes y mejorarlos a las necesidades o parámetros estipulados. Se diseñó la MDFVR en base a las necesidades del cliente, y se adoptó todos los materiales y equipos a los que se pueden obtener en el mercado local, esto facilito la construcción y ensamblaje de la misma, además de disminuir costos notablemente ya que se evitó cualquier tipo de gastos extras de maquinado o de importación de piezas. Los componentes de la maquina fueron diseñados paramétricamente en Solid Works, donde se desarrolló los planos ingenieriles para la construcción y montaje de la máquina.

Equisplast, es una empresa dedicada a la fabricación de productos de platico reforzado con fibra de vidrio (PRFV). Los postes y crucetas de PRFV, se utilizan para la distribución en telecomunicaciones, iluminación, energía eléctrica en redes de media, baja y alta tensión. Cuenta con certificado de calidad ISO 9001, Licencia ambiental inscrita en el Ministerio del Ambiente. Cuenta con laboratorio para realizar las siguientes prueba: Resistencia a la intemperie, resistencia al fuego, resistencia a la flexión y rotura, resistencia de fatiga o flexión, torsión de perno sobre el poste, cizallamiento del perno sobre el poste, absorción de agua, dureza barcol, también cumplen con la norma de fabricación ANSI C136.20, NTE INEN 2657 y UNE-EN 40-7. Cuenta con una tabla de datos garantizados para cada tipo de poste.

## **2.2. MARCO TEÓRICO**

El proyecto de investigación está basado en la industria del plástico (poliéster) reforzado en fibra de vidrio (PRFV), conocida comercialmente en Perú como productos de fibra de vidrio, empieza a tener demanda en los años 1975 – 1980 con la instalación de empresas dedicadas a la fabricación de auto partes, entre los años 1980 – 1990 empieza

una mayor demanda de este producto; notándose el gran incremento sobre productos masivos como tanques de agua, tinas, basureros. Partiendo del esparcimiento comercial de este tipo de materia prima, surgen grandes empresas reconocidas a nivel nacional e internacional, empresas que hoy podrían fabricar y comercializar postes de poliéster reforzado en fibra de vidrio.

Por otro lado, debemos mencionar que en el Perú no se ha alcanzado niveles considerables en cuanto al uso de este tipo de poste, la tendencia es que a futuro se utilice con mucha más frecuencia.

Estos postes, por su método específico de fabricación, donde la mezcla de filamentos de fibra de vidrio para soportar cargas axiales y los hilos perpendiculares hace el trabajo de soportar cargas de pandeo o colapso en la instalación. Estos postes también son diseñados para aplicar en las distribuciones de telecomunicación y su distribución de esfuerzos es uniforme en toda su estructura de manera continua lo que convierte en una mayor resistencia.

Estas construcciones a base de compuestos resuelven los problemas que se presentan en los postes de madera, acero y hormigón tales como: rápida descomposición en zonas húmedas, alto peso, alta conductividad, fracturas o fisuras, corrosión y aspectos medioambientales. Respecto a las propiedades de los principales tipos de fibra de vidrio se puede hacer una comparación sobre las características físicas, a excepción del sector aeronáutico, donde la aplicación justifica los costes, el mayor consumo mundial se produce en fibra de vidrio tipo E, debido a que es la que presenta una mejor relación propiedades/precio.

El Ministerio de Energía y Minas y la Dirección General de Electricidad en el año 2015 aprobaron la Especificación Técnica: ETS-LP-29 “Postes de Poliéster Reforzado en

Fibra de Vidrio” y disponen su cumplimiento obligatorio para los proyectos que se desarrollan en el marco de la Ley General de Electrificación Rural.

### 2.2.1. EL POLIÉSTER

Es una categoría de elastómeros que contiene el grupo funcional éster en su cadena principal. Los poliésteres que existen en la naturaleza son conocidos desde 1830, pero el término poliéster generalmente se refiere a los poliéster sintéticos provenientes de fracciones pesadas del petróleo. El poliéster termoplástico más conocido es el PET continuo su desarrollo en secreto durante la segunda guerra mundial, Carothers y Dickinson cedieron los derechos de fabricación a Dupont (para Estados Unidos) e ICI (para el resto del mundo). En 1970, el 87% de todo el poliéster producido por el mundo era fabricado en Estados Unidos, Japón y el oeste de Europa, esto continuo hasta que la patente del poliéster expiro; es entonces cuando países Asiáticos estuvieron habilitados para comprar plantas completas de poliéster y comenzaron a producir en grandes cantidades.

El PET está formado sintéticamente con etilenglicol más tereftalato de dimetilo, produciendo el polímero. Como resultado del proceso de polimerización, se obtiene la fibra, que en sus inicios fue la base para la elaboración de los hilos para coser y que actualmente tiene múltiples aplicaciones, como la fabricación de botellas de plástico.

Las resinas de poliéster (termoestables) se usan también como matriz para la construcción de equipos, tuberías anticorrosivas y fabricación de pinturas. Para dar mayor resistencia mecánica suelen ir reforzadas. El poliéster es muy resistente a la humedad, a los productos químicos y a las fuerzas mecánicas.

## PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS DEL POLIÉSTER

El poliéster, se refiere a un estado del material, pero no al material en sí, los polímeros sintéticos habitualmente llamados plásticos, son en realidad materiales sintéticos que pueden alcanzar en estado plástico, esto es cuando el material se encuentra viscoso o fluido y no tiene propiedades de resistencia a esfuerzos mecánicos. Este estado se alcanza cuando el material en estado sólido se transforma al estado plástico (generalmente por calentamiento), en el que es ideal para los diferentes procesos productivos ya que es cuando el material puede ser manipulado de distintas formas.

Las propiedades y características de la mayoría de los poliésteres son:

- Fácil de trabajar y moldear
- Tiene bajo costo de producción
- Poseen baja densidad
- Suelen ser impermeables
- Buenos aislantes eléctricos
- Aceptables aislantes acústicos
- Buenos aislantes térmicos
- Resistente a la corrosión
- Algunos no son biodegradables

## CLASIFICACIÓN DE LOS POLIÉSTER

### a) Según el monómero base

- Naturales
- Sintéticos

**b) Según su comportamiento frente al calor**

- Termoplásticos
- Termoestables

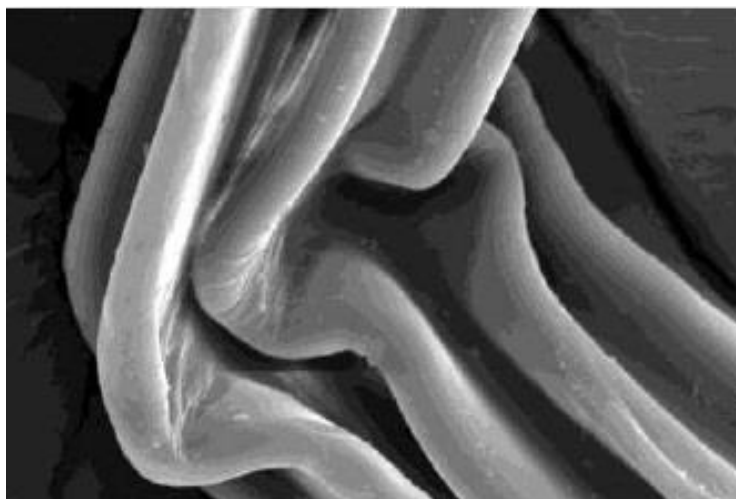
**c) Según reacción de síntesis**

- Polímeros de adición
- Polímeros de condensación
- Polímeros formados por etapas

**d) Según su estructura molecular**

- Amorfos
- Semicristalinos
- Cristalizables
- Comodities
- De ingeniería
- Elastómeros o cauchos

Figura N° 2.1: Poliéster descubierto por Staudinger (1881-1965)



Fuente: (Wikipedia)

### 2.2.2. FIBRA DE VIDRIO

La fibra de vidrio, es un material que consta de numerosos filamentos poliméricos de dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) extremadamente finos. A lo largo de la historia los vidrieros ensayaron la fibra de vidrio, pero la manufactura masiva de este material solo fue posible con la invención de máquinas y herramientas más refinadas. Sin embargo la lana de vidrio a la que hoy se llama comúnmente fibra de vidrio no fue inventada sino hasta 1938 por Russell Games Slayter en la Owens – Corning, como un material que podría ser usado como aislante en la construcción de edificios. Fue comercializado bajo el nombre de Fiberglass, que se convirtió desde entonces en una marca vulgarizada en países de habla inglesa.

La fibra de vidrio se conoce comúnmente como un material aislante. También se usa como un agente de refuerzo con muchos productos poliméricos; normalmente se usa para conformar plástico reforzado con fibra de vidrio que por metonimia también se denomina fibra de vidrio, una forma de material compuesto consistente en polímero reforzado con fibra. Por lo mismo, en esencia exhibe comportamientos similares a otros

compuestos hechos de fibra y polímero como la fibra de carbono, aunque no sea tan fuerte o rígida como la fibra de carbono, es mucho más económica y menos quebradiza.

### **FORMACIÓN DE LA FIBRA DE VIDRIO**

La fibra de vidrio se conforma por hebras delgadas hechas a base de sílice o de formulaciones especiales de vidrio, extruidas a modo de filamentos de diámetro diminuto y apto para el proceso de tejeduría. La técnica de calentar y elaborar fibras finas a partir de vidrio se conoce desde hace milenios; sin embargo, el uso de estas fibras para aplicaciones textiles es mucho más reciente: solo hasta ahora es posible fabricar hebras y fibras de vidrio almacenadas en longitudes cortadas y estandarizadas.

Los tipos de fibra de vidrio usadas más comúnmente son las de vidrio clase E (E-glass: vidrio de aluminio-borosilicato con menos de 1% peso de óxidos alcalinos, principalmente usada para plástico reforzado con vidrio), también se usan las clases A (A-glass: vidrio álcali-cal con pocos o ningún óxido de boro), clase E-CR (E-CR glass: de silicato alcalical con menos de 1% peso/peso de óxidos alcalinos, con alta resistencia a los ácidos), clase C (C-glass: vidrio álcali-cal con alto contenido de óxido de boro, usadas por ejemplo en fibras de vidrio con filamentos cortos), clase D (D-glass: vidrio de borosilicato con una constante dieléctrica alta), clase R (R-glass: vidrio de aluminio silicatos sin MgO ni CaO con altas prestaciones mecánicas), clase S (S-glass: vidrio de aluminio silicatos sin CaO pero alto contenido de MgO con alta resistencia a la tracción).

### **CARACTERÍSTICAS DE LA FIBRA DE VIDRIO**

El vidrio presenta como características distintivas a su debilidad, transparencia y también su elevado valor de dureza, siempre y cuando que se encuentre en un estado de fusión, entonces podrá ser maleable o manuable. Por otra parte, la temperatura ideal aplicado para este tipo de material para ser fundido es de 1250 °C. En lo que respecta

a su constitución, se trata de un material conformado por los elementos que lo conforman por la sílice, la arena y el cuarzo poseen vidrio en su composición, por la cal y por el carbonato de sodio.

La composición del material de la fibra de vidrio presenta una variación según las características de resistencia exigidas al filamento. Cuando la fibra es de tamaño corto, se denomina lana de vidrio y es usada sobre todo como material aislante.

Técnicamente, el material denominado vidrio se puede llamar como un producto inorgánico de derretimiento, refrigerando al estado sólido sin presentar cristalización; y desde el punto de vista físico, como un líquido sub enfriado, ya que presenta la característica estructura amorfa de los líquidos.

Sus propiedades se encuentran relacionadas con su composición y, por lo tanto, los cambios presentados cualitativos y cuantitativos de sus componentes influyen directamente sobre su nivel de curvatura de viscosidad en caliente, sobre su temperatura de fusión, su coeficiente de dilatación, su resistencia superficial y profunda al ataque de la humedad, sobre su resistencia química en general, etc.

Los vidrios comunes son obtenidos a partir de la determinación óxidos inorgánicos formadores de retículo, siendo normalmente el bióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ), bajo forma de arena su más importante componente. Otros óxidos fluidificantes alcalinos, como el carbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) y el carbonato de potasio ( $\text{K}_2\text{CO}_3$ ), se emplean para disminuir el punto de fusión de la sílice; en efecto, el agregado del 25 % de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  al  $\text{SiO}_2$  en una combinación binaria solamente, disminuye el punto de fusión de la sílice de  $1700\text{ }^\circ\text{C}$  a unos  $7750\text{ }^\circ\text{C}$ , aproximadamente.

También se tiene un tercer grupo de óxidos, llamados estabilizadores o correctores, tales como el óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ), el óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ),



de magnesio (MgO), etc., tienen normalmente la función de corregir ciertos factores negativos, eventualmente presentes en la mezcla.

Una composición de mucha representatividad de un vidrio común tipo ventana (vidrio sódico o vidrio "A"), que se elabora alrededor de los 11 000 °C, está dada por la siguiente fórmula simplificada:  $\text{SiO}_2 \cdot \text{Na}_2\text{O} \cdot \text{K}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$  etc.

Estos componentes ofrecen muchas ventajas sobre los materiales convencionales, especialmente cuando hay que tener muy en cuenta el peso, La fibra de vidrio es de 2 a 6 veces más resistentes que el acero y 3 veces más ligeras y es 5 veces más resistentes que el aluminio y de densidades similares.

**a) Principales características del poliéster reforzado con fibra de vidrio**

- Vida útil prolongada (mayor a 50 años).
- Bajo peso.
- Mantenimiento prácticamente nulo.
- Alta capacidad de producción.
- Bajo tiempo de cura. (24 horas 95 % de dureza).
- Posibilidad de recuperación.
- Reaprovechamiento de residuos.
- Resistencia a intemperie.
- Resistencia a la corrosión.
- Resistencia a la abrasión.
- No conductivo.
- Resistencia mecánica constante.
- Flexibilidad constante.
- Diversidad de formas, tamaños y colores.

- Posibilidad de refuerzos adicionales.
- Tiene muy buena resistencia mecánica específica (resistencia a la tracción/densidad). Siendo su resistencia específica muy superior a la del acero.
- En cuanto a la resistencia a la humedad (Se debe tener en cuenta la no presencia de la humedad antes de proceder a efectuar la laminación porque dañaría la unión con la resina).
- Resistencia al ataque de agentes químicos.
- Posee buenas propiedades como aislante eléctrico, sus características eléctricas es altamente aislante eléctrico incluso en espesor es bastante reducido por que tiene una buena permeabilidad eléctrica.
- Débil conductividad térmica.
- Presenta una estabilidad dimensional muy buena.
- Presenta un alargamiento muy bajo.
- Propiedades isotropas (al contrario que las fibras de carbono y kevlar).
- Tiene un extraordinario adherencia al molde (utilizando recubrimientos para cada sesión apropiados para los diferentes tipo de resina).
- Incombustibilidad.
- Imputrescibilidad.

**b) Muestreo en postes y ensayo en laboratorios**

- Contenido de fibra.
- Densidad del material.
- Dureza Barcol.
- Absorción de agua.
- Dielectricidad.

- Flamabilidad.
- Resistencia a la tracción y flexión.
- Resistencia a impacto.
- Envejecimiento acelerado.

c) **Principales aplicaciones en transmisión de energía con alta tensión**

- Terminación superficial similar a los postes de acero.
- Largos comunes: 8 a 14 metros.
- Cargas nominales: 200 a 600 daN.[1 kg de esfuerzo]
- Padrón de flexión habitual: 10 % del largo útil largo útil.
- Geometría de la cima de acuerdo a luminaria a usar.
- Base para empotramiento directo o bridado.
- Poste para iluminación de grandes predios.
- Postes de emergencia.
- Mástiles de banderas.
- Postes para radar.
- Postes para aerogeneradores, etc.

**PROPIEDADES MECÁNICAS**

*Tabla N° 2.1: Propiedades mecánicas de fibra de vidrio*

TIPO DE FIBRA	Tensión de Rotura (MPa)	Esfuerzo de Compresión (MPa)	Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	Dilatación Térmica (um/m°C)	T de Ablandamiento (°C)
Clase E	3445	1080	2,58	5,4	846
Clase S-2	4890	1600	2,46	2,9	1056

Fuente: (Wikipedia)

## **APLICACIONES DE LA FIBRA DE VIDRIO**

Antes de proceder con la determinación de las diferentes aplicaciones que se le brinda a la fibra de vidrio, es imprescindible destacar las características más relevantes. Entre ellas se puede señalar que es un excelentísimo aislante térmico, al tiempo que es inerte para las variedades de las diversas sustancias como el caso de los ácidos. Otros señales son su tendencia a la maleabilidad y su resistencia a la tracción. Debido a sus importantes cualidades, que es usada en diferentes ámbitos, aunque los principales son: en la parte industrial y el artístico, es decir, se aplican para productos de manualidad, también es muy común utilizar para la elaboración de piezas náuticas, como las tablas de surf y wind-surf, embarcaciones grandes y pequeñas, también, se puede emplear la fibra de vidrio para la aplicación de las señales de cables de comunicación de fibra óptica, que se emplean en las telecomunicaciones para la difusión de señales lumínicas, que son producidas a través por un láser o por LEDs.

Para nuestro caso, las aplicación en postes de: alumbrado público, redes de baja tensión y media tensión, redes de distribución de telefonía y fibra óptica, cámaras de seguridad, semáforos de control de tráfico, etc.

*Figura N° 2.2: Presentación de fibra de vidrio*



Fuente: (Wikipedia)

### **2.2.3. ELEMENTOS PARA OBTENER PRFV**

Para obtener postes de poliéster reforzado en fibra de vidrio se requiere los siguientes elementos:

- Gel coat.
- Resina poliéster o viniléster.
- Acelerante (naltenato de cobalto).
- Catalizados (periodo de metil-etil-cetona).
- Fibra de vidrio.
- Solvente (thinner).

La fibra de vidrio lleva el nombre universal para el Reforzado con Fibra de Vidrio (RFV), este material es un compuesto por elementos de fibras de vidrio (carbono, kevlar, metal, boro o silicatos de aluminio), resina plástica y aditivos. Mediante la selección apropiada de una mezcla de combinación de refuerzos de fibra de vidrio, resinas y métodos de evolución.

Las ventajas típicas contienen: Elevada fuerza, pequeño peso, dimensionalmente permanente, con una buena resistencia al deterioro, muy buena resistencia eléctrica y elasticidad de diseño con bajo costo de matrices. Tal es así, con estos productos podemos competir enormemente favorablemente en costo y rendimiento de vida útil, y de esfuerzos mecánicos con la comparación de los materiales tradicional.

### **FIBRA DE VIDRIO EN FORMA DE FILAMENTO**

La fibra de vidrio es vidrio en forma de filamentos. Los filamentos podemos laborar con diferentes modelos de vidrio, denominados con las letras A, E, C, AR y S. Los más comúnmente empleados para refuerzo de productos son los tipos E (eléctrico), AR (Alcali Resistente) y C (con resistencia química).

La evolución se hace mediante el cual que se fabrican los filamentos de vidrio es de la siguiente manera: en un reactor son integrados todas las sustancias primas que finamente son divididas en forma de polvo, donde son fundidas. El vidrio fundido circula a través de ductos que tienen muchas cantidades de hoyos. El vidrio derretido empieza a salir de estos hoyos como un filamento continuo. Estos filamentos continuos se trasladan sobre un aplicador que les humedece con una envoltura química (ó apresto) la cual le dará una propiedad especial para su proceso posterior. Este apresto incrementa la cualidad del vidrio para adherirse a otros materiales y es bastante importante para su determinación la calidad del material.

Otro método, se trata de un sistema rotativo, por cual, el vidrio es sometido a una fuerza centrífuga, el rotor lanza piezas de vidrio en forma de filamentos, esta vibra recibe una capa de aglutinante, a continuación se pasa el vidrio por una cortina que acaba de dar forma a cada fibra.

## **VELO DE SUPERFICIE**

### **a) Características**

El velo del área superficial está confeccionado de cinco laminados prolongados de fibra, de doce micrones de espesor, de vidrio C, de bajo punto de derretimiento, con una resistencia al deterioro (ASTM C162-93) distanciadas al azar a través de toda el área.

### **b) Aplicaciones**

Los velos del área superficial han sido elaborados para emplear como valla de protección para los productos de FRP ó GRP donde se necesita de una área superficial para la culminación de una elevada calidad sin tener la consideración del costo de un gel-coat, ó donde existe el peligro de aparición en la área superficial del producto con lo que se le conoce con la denominación de "impresión" del refuerzo mat.

El velo de superficie lo empleamos en los laminados interiores para la protección como barrera anticorrosiva con una capa especial rica en resina y los laminados exteriores son de protección contra el deterioro para futuro del tiempo.

### **c) Propiedades físicas**

- Masa: 30 g/m<sup>2</sup>.
- Diámetro nominal: 300 micrones (0,30 mm).
- Solubilidad en estireno: Insoluble en monómero estireno.
- Permeabilidad de resina: 270 g/m<sup>2</sup>.
- Apresto: Copolímero acrílico-estireno.
- Contenido de apresto: 6 % - 8 %
- Ancho estándar: 1,000 mm.

## **PROPIEDADES MECÁNICAS DE POSTES DE PRFV**

El vidrio brinda unas características mecánicas muy influenciadas por su gran efecto más pronunciado. Esta debilidad es debido a que el vidrio no tiene zona plástica

en su deformación, y es por eso cuando se rebasa el límite establecido de elasticidad, se rompe. Por eso, a pesar de que hay vidrios con resistencias a la tracción superior a los 300 kg/mm<sup>2</sup>.

*Tabla N° 2.2: Propiedades mecánicas de postes de PRFV*

Propiedad	Valor	Unidad	Norma
Peso específico	1,65-1,8	gr/cm <sup>3</sup>	UNI 7092
Contenido de vidrio	45-55	%	ISO 1172
Absorción de humedad	0,5	%	ISO 62
Esfuerzo a la tensión	290	MPa	ASTM D3039
Esfuerzo a la flexión	200	MPa	ASTM D790
Resistencia al impacto	>180	Kj/m <sup>2</sup>	ASTM D256
Rigidez dieléctrica	3-7	KV/mm	ASTM D149
Resistividad eléctrica superficial	1010-1013	Omhs	UNI 4288
Constante dieléctrica a 50 Hz	4-6	-	UNI 4288
Factor de pérdida de potencia a 50 Hz	0,03-0,04	TgΦ	UNI 4289
Conductividad térmica	0,2-0,3		

Fuente: (Blanc Partners)

## PROPIEDADES COMPARATIVAS DE LA FIBRA DE VIDRIO

*Tabla N° 2.3: Propiedades de tipos de fibra de vidrio*

Propiedades	E	C	S	R
Peso específico del material	2,56	2,45	2,49	2,58
Resistencia a la tracción de la fibra GN/m <sup>2</sup>	3,6	----	4,5	4,4
Punto de ablandamiento °C	850	690	----	990
Conductividad térmica W/m °C	1,04			
Índice de refracción	1,545	1,549		
Módulo de Young de elasticidad GN/m <sup>2</sup>	75,9	----	86,2	84,8

Nota: E: Este tipo de fibra posee buenas propiedades dieléctricas, además de sus excelentes propiedades frente al fuego, su peso específico 2,6 g/cm<sup>3</sup>; C: Este tipo de fibra se caracteriza por su alta resistencia a agentes químicos, su peso específico 2,5 g/cm<sup>3</sup>; S: Este tipo de fibra ofrece una alta resistencia y rigidez elevada a un costo superior; R: Este



tipo de fibra, posee buenas propiedades mecánicas y es resistente a la fatiga, temperatura y humedad y es usado en aviación espacial y armamentos, su peso específico  $2,53 \text{ g/cm}^3$ .

Fuente: (Polímeros compuestos, 2010).

#### 2.2.4. PROCESO DE OBTENCIÓN DEL PRFV

La fibra de vidrio es obtenida por dos procedimientos distintos que son a partir que uno es de bolas y el otro es por fusión directa.

Primeramente lo introducimos la materia prima (se utiliza arena, caolín o dolomía) que es tratado en un horno, y luego es sometido a repetidos procesos hasta obtener como resultado, unas bolas con un espesor aproximado de 20 mm. Estas esferas en forma de bolas como resultantes son nuevamente sometidas en otro horno para el posterior hilarlas. Es así de cómo realiza este hilado a su vez podemos diferenciar de dos tipos de fibras:

Sillionne. Se tiene como resultado por el estiramiento mecánico, y da lugar a fibras continuas.

Verranne. Obtenemos por el estiramiento por el fluido y da lugar a fibras discontinuas.

Las fibras continuas (sillionne) brindan mejores características mecánicas que las discontinuas (verranne).

En el segundo caso, es cuando es realizado por el procedimiento de fusión directa o hilado bajo fusión, una vez el vidrio fundido atraviesa por unos orificios muy perfectamente dimensionados, a la vez distribuidos sobre una superficie de platino. Las fibras lo obtenemos estirando monofilamentos de vidrio muy delgados.

El vidrio se comporta cuando es monofilamentos delgados y a su vez es muy diferente al comportamiento del vidrio en su forma de masa: y se vuelve flexible a medida que va disminuyendo su diámetro.

Para hacer una mejor formación de los hilos, en cuanto a su estirado, a su enrollado y a su posterior tejido, hay que aplicar sobre las fibras de una película química que nos permite facilitar estas operaciones.

Este proceso lo conocemos como ensimaje, y se realiza una vez que los hilos se han enfriado por el cambio de temperatura.

Cuando la fibra ya pueda ser utilizada, se debe otorgarle una serie de formas que lo faciliten en la tarea. Así, los cordones dan lugar a los hilos de la fibra de vidrio (para estructuras textiles complejas) o a mechas (conjunto de haces de filamentos continuos, para fieltros continuos o discontinuos). Como características mecánicas de los materiales brindan estas configuraciones que vendrán gobernadas por la geometría final del líquido como es el agua que se utiliza como un disolvente durante el tiempo de ensimaje.

#### **2.2.5. FABRICACIÓN DE FIBRA DE VIDRIO**

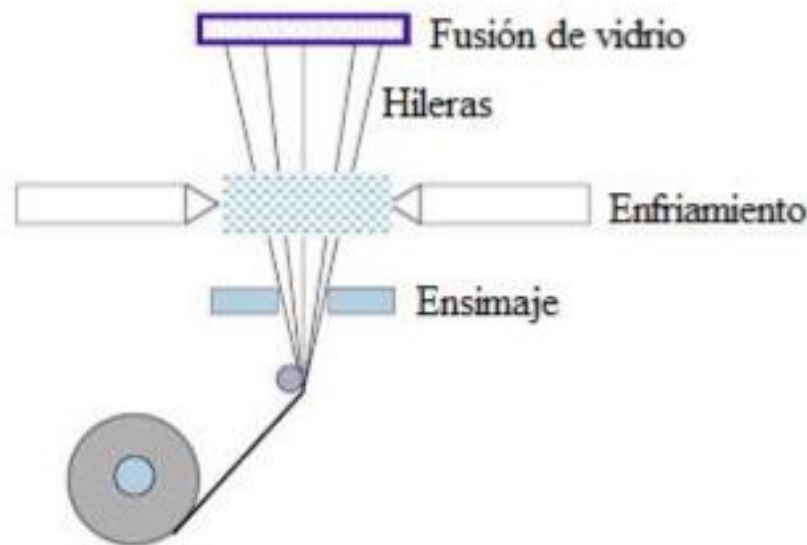
Para realizar el procedimiento de la fibra de vidrio se empieza con la dosificación y la mezcla con las materias primas seleccionadas. En seguidas los componentes son transportados directamente. En primer lugar se funde el material, descartando las inclusiones gaseosas y se somete a su procedimiento a su homogeneización. Luego se traslada el material al refinador. Continuando con el procedimiento el material se conduce hacia un crisol ubicado sobre el dispositivo de formación de la fibra de vidrio, el cual se ha previsto de varias formas el juego de hileras de platino- rodio por donde recorre el material por una serie de orificios de espesores calibrado. Y toda de este procedimiento de esta etapa del proceso requiere un mantenimiento de la temperatura exacta que certifique el valor apropiado de la viscosidad del material que se necesita en cada instante de la creación de la fibra.

Para obtener el procedimiento de la fibra de vidrio, está formado por sílice ( $\text{SiO}_2$ ) y óxidos ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ , etc.). La fibra de vidrio lo obtenemos mediante la fundición

de los componentes que es sometido en un horno y enseguida se procede al estiramiento del material a su salida por una serie de hileras.

La fibra de vidrio se tapiza con un material llamado ensimaje que protege toda el área de la superficie del desgaste por fricción o abrasión y lo facilitan la unión entre estas dos sustancias de la fibra y la matriz.

*Figura N° 2.3: Fabricación de filamentos de fibra de vidrio*



Fuente: (Revista 2016)

#### a) Presentaciones de la fibra de vidrio

Se caracterizan por medio de dos valores:

**Título:** Tendrá una relaciona entre el peso y longitud de un hilo (dependerá del número de filamentos de los hilo y su diámetro) (g/km).

**Gramaje:** Estará relacionado entre el peso del tejido y toda la área superficial (g/mm<sup>2</sup>)

Figura N° 2.4: Presentación en bobina de fibra de vidrio



Fuente: (wikipedia)

**b) Existen varios tipos de presentaciones**

- Roving: El bobinado son de hilos continuos (conjunto de filamentos).
- Mat de hilos cortados: Son sometidos con filtros de hilos cortados y agrupados entre sí mediante un ligante químico.
- Mat de hilos continuos: los fieltro de hilos continuos y agrupados entre sí mediante un proceso de ligante químico. Que lo permite un alargamiento regular en toda la dirección.
- Mat de superficie o velo: fieltros de hilos cortados, ligados fuertemente y calandrados.
- Tejido: Están formados por una serie de conjuntos de hilos entrecruzados en dos direcciones.

**DISEÑO DE FABRICACIÓN DE PRFV**

**a) Materiales**

Los postes están fabricados con resina Ortoftalica que han sido modificados con propiedades autoexcitación y fibra de vidrio.

Estos postes de P.R.F.V. Se desarrolló con una condición de cubrir necesidades importantes en el área de distribución como: En la topografía compleja que es accidentada en nuestro país, el complicado acceso, los lugares húmedos donde se encuentra la corrosión en la selva amazónica, suelos y ambientes húmedos y salinos que se encuentran en los litorales de las playas y zonas costeras. Con estos materiales presentan ventajas con los postes de PRFV son una solución por brindar; peso menores, fácil de transportar, en la cimentación es económica y fácil, la resistencia a la corrosión e intemperie es impresionante.

**b) Acabado**

La parte interior del poste debe estar con una barrera protectora que el interior debe estar constituida por un GelCoat que son resinas que cambian al momento de aplicar en el vaciado de moldes en estado líquido. Al momento de hacer los resanes, forman polímeros reticulados y después se tapizan con matrices de polímero compuesto, que usualmente son realizados a través de una mezclas de resina poliéster y fibra de vidrio, o resina epóxica y vidrio.

El GELCOAT es aplicado sobre el área superficial del molde, por lo tanto el laminado estructural es aplicado sobre esta capa. El GelCoat hace la reproducción de las características superficiales del molde (cubierto por un desmoldante). Los moldes son lisos y brillantes que permiten a las piezas hacer lisas y brillantes.

Los GelCoat son aplicados a los acabados y se aplican sobre los moldes bien lisos, con un acabado superficial bien especial.

El GelCoat presenta funciones especiales:

- Tiene la protección al laminado contra los efectos de la intemperie y humedad.
- Otorgar el acabado con un colorido, liso y brillante en toda la superficie.

- Servir para aplicar como bases para el pintado especiales (acrilicas, poliuretano, etc.).
- Compuesto de resinas de poliéster, pero que cumplen funciones especiales, para darle a la pieza de un acabado final.
- Da un acabado final perfecto a la pieza, gracias a una posibilidad de incorporarle pigmentos de colores.
- El GelCoat no seca al aire, esta echo para ponerlo en un molde y después enfriar encima. La solución es hacer una mezclar con getcoat y con parafina liquida (solución de estireno y parafina) al 4 % y esta mezcla si seca al aire.

El área superficial exterior del poste debe tener una última capa con resina poliéster para ser aplicado con un velo de fibra TopCoat, GelCoat. El TopCoat es lo mismo que GelCoat pero ya mezclado con parafina en su cantidad preciso de 4 % y que seca muy perfecto al aire que posteriormente actuara como película protectora para asegurar la protección para que no ingrese humedad a la fibra de vidrios.

Los postes deben ser pintados con resina de poliéster y cargada en color gris. Los postes tienen una presentación en acabado con pintura de resina de poliéster compuesto en color gris. Toda el área superficial del poste estará libre de imperfecciones provocadas por la deficiencia en la fabricación. En la parte interior del poste debe ser libre de obstrucciones por el producto de su fabricación.

### c) **Resistente al fuego**

Diseñado y aprobado para tener una resistencia al fuego con una velocidad de quemado que pose inferior a los 25,4 mm/min, superando las clasificaciones HB de acuerdo a las normas ASTM D635 y UL-94 HB, cumpliendo con las normas establecidas ASTM D4923-01.

Los postes cumplen y sobrepasan las especificaciones de flexión y rotura, estas pruebas han sido certificadas por el INEN.

**d) Principales ventajas de la fibra de vidrio**

- Tiene una alta resistencia mecánica a la tracción y fatiga; Además brinda una resistencia específica tracción/densidad superior al acero.
- Incombustible: La fibra de vidrio es incombustible por ser material mineral en su naturaleza, no propaga la llama en presencia del calor tampoco no origina ni humos ni presenta toxicidad.
- Imputrescibilidad: No presenta ninguna modificación, no se pudre, es insensible a la acción que los rodean a su alrededor a de los insectos.
- Tiene una resistencia elevada a los agentes químicos.
- Brinda una retención de propiedades mecánica en elevadas temperaturas.
- En cuanto a su instalación es fácil, no es necesario la necesidad de maquinaria pesada, por presentar su bajo peso en comparación con la madera y el acero y el concreto.
- El factor de seguridad utilizada es de 2,5
- En cuanto a la protección de UV (ultra violeta) en el área superficial de los postes está protegidas por una cubierta por inhibidores de rayos ultravioleta que lo hace cumplir de su vida útil.
- El rango establecido de temperatura entre  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ , el material tiene un resultado a su resistencia en ensayos de envejecimiento acelerado sin presentar pérdida significativa de propiedades en las etapas equivalentes a su duración de 50 años.

- En cuanto al periodo de su vida útil: La duración del poste PRFV (poliéster reforzado con fibra de vidrio) pueden superar los 80 años entre 20 y 40 años más que los materiales conocidos.
- En cuanto a los efectos de los accidentes de tráfico son absorbiendo por los impactos y son más flexibles, las pruebas demuestran que la fibra de vidrio evitan los mayores averías en los vehículos y ayudan conservar el habitáculo del conductor y los pasajero, poniendo en salvo a muchas vidas.
- Si un vehículo es impactado con una velocidad que ya se alta o baja esto pueden ser recuperado sin tener la necesidad de removerlos, ni que sea suspendido el suministro eléctrico.
- Lo conserva el medio ambiente en óptimas condiciones por ser un material limpio por ser ecológico.
- Tiene una presentación estética a las ciudades, ofreciéndoles la posibilidad de belleza a diversos colores permanentes en diferentes combinaciones.
- Facilitando su transporte e instalación por su bajo peso.
- Tiene una resistencia a corrosión recomendable y también a la intemperie en ambientes.
- Presenta bajo costo con herramientas por su peso para realizar su maniobra.
- En cuanto a su mantenimiento es bastante menor.
- Resistente a grandes temperaturas a la humanidad
- Es indispensables en aplicaciones tales como radiaciones y ventanas electromagnéticas.
- Es un excelente aislamiento para la parte eléctrico.
- Las propiedades mecánicas y eléctricas son bastante estables en las condiciones extremas donde presentan humedad y temperatura.



- Confiables, reducción de accidentalidad.
- No absorbe humedad.
- Mejoramiento de la confiabilidad de la red.
- Seguros de operar.
- Instalación económica y fácil.
- Cimentación económica y sencilla.
- No se oxida nunca.
- No es reciclable.
- No es tóxico.
- No permite fácilmente la descomposición de productos orgánicos.
- No produce gases.
- No acumula hongos y bacterias.
- No contamina el medio ambiente.
- No pierde su color y forma.
- Es fácil de limpiar, reparar y mantiene su belleza
- Es resistentes a los impactos y golpes fuertes.
- Es resistentes a los rayos ultra violetas.
- Es resistentes a los cambios de temperatura bruscas.

e) **Principales desventajas de la fibra de vidrio**

En cuanto a las desventajas se puede mencionar que la fibra de vidrio está reconocida médicamente que puede presentar como un irritante de la piel, ojos y tracto superior de las vías respiratorias. Dolores de cabeza, conjuntivitis estas son los efectos más comunes cuando se exponen a altas concentraciones.

**f) Fibra de vidrio como refuerzo.**

La fibra de vidrio es la más utilizada en la actualidad como refuerzo para la fabricación de materiales compuestos. Las razones de un uso tan mayoritario que en la actualidad se utilizara para la realización de composites podemos encontrar en la conjunción de diferentes características de estas fibras, en los precio podemos encontrar una competencia de disponibilidad.

Las principales características de la fibra de vidrio son:

Presenta una buena adherencia fibra-matriz, y brinda una muy buena resistencia mecánica específica muy alta, Buenas propiedades dieléctricas, Incombustibilidad, y tiene una buena estabilidad dimensional, Buena resistencia a los agentes químicos.

**g) Existen diferentes tipos de fibra de vidrio**

Presentan el material con diferentes propiedades. De todos los materiales la fibra de vidrio es la más comúnmente empleada, y a su vez hemos utilizado en nuestra investigación, es la que más se utiliza como es conocida con el nombre que se denomina vidrio-E, debido a su buena relación por presentar una buena relación de propiedades/precio.

- **Vidrio E (eléctrico):** es la que se emplea más en la parte eléctrica, por ser la más recomendable y por presentar los más bajos coste.

También tiene una representación casi la totalidad del vidrio textil empleando en materiales compuestos de uso general, más del 90 % de los refuerzos, y en cuanto a sus propiedades eléctricas es recomendable. Las primeras aplicaciones industrial de la fibra de vidrio E fue el aislamiento de conductores eléctricos que fueron sometidos a elevadas temperaturas.

- **Vidrio R (resistencia) o S (“strength”):** Presenta mayor resistencia que el tipo E. Este material es utilizado principalmente en los campos de la aviación, espacio y armamentos.

Además cuenta con una resistencia a la tracción recomendable y un módulo de flexibilidad muy elevado a los otros tipos de vidrio. Además surgió por las demandas que presentaba en los sectores de aviación, espacial y armamentos, y ofrece a sus exigencias en el campo de los materiales como es en las resistentes a fatiga, temperatura y humedad.

- **Vidrio A (alto contenido en álcali):** Es el que presenta menos resistentes mecánicamente de los materiales anteriores.

- **Vidrio C (“chemical”):** Se caracteriza por presentar una buena resistencia química muy buena. Mecánicamente tendrían una similitud entre las fibras A y E. También lo podemos utilizarlo en las capas superficiales de estructuras sometidas en ambientes atmosféricos agresivos.

- **Vidrio D (dieléctrico):** Por sus propiedades dieléctricas son aplicados para materiales electrónicos en telecomunicaciones, y para señales de radares y ventanas electromagnéticas. Presentan estos materiales pérdidas eléctricas muy débiles y de aquí su empleo como material permeable a las ondas electromagnéticas.

- **Vidrio B (Boro):** Tiene una excelente propiedades eléctricas y tiene grandes durabilidades, es borosilicato de calcio con un contenido menor en álcali.

- X Presenta con una base de  $\text{Li}_2\text{O}$  por su transparencia en los Rayos X.

#### **h) Postes de fibra de vidrio según adhorna.**

Para los postes de poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV), presenta un peso igual al 10 % del peso de una estructura de poste de cemento, y en cuanto a su instalación es sencillo y rápido y tiene bajos costos de transporte y permite hacer su maniobra sin riesgo. Además, presenta recomendables propiedades dieléctricas, donde sus propiedades mecánicas y eléctricas satisfacen las condiciones de humedad y temperatura. Además de acuerdo a las pruebas es bastante resistente a la intemperie como en la corrosión, a los

rayos UV (ultra violeta) y al fuego. El material brinda una larga duración y no requiere de mantenimiento.

Los PRFV son fabricados mediante un proceso de centrifugación. Se fabrican en alturas desde 3 a 12 m y tienen una conicidad de 18 mm/m. Pueden ir colocadas en el terreno mediante un sistema de empotramiento, o bien ancladas a la cimentación mediante placas de poliéster reforzado con fibra de vidrio.

Estos Postes, además del alumbrado público, pueden tener otras aplicaciones, como por ejemplo, postes de líneas de BT (baja tensión), mástiles de banderas, soportes de señalización, antenas de telecomunicaciones, etc. Disponemos de una serie “Serie TAJO” que se fabrican por un sistema diferente, se trata de un proceso de pultrusión y sirven principalmente como columnas ornamentales, fabricándose en alturas de 3, 4, 5 y 6 m.

## **CARGAS EN LAS ESTRUCTURAS DEL PRFV**

### **a) Presión del viento**

La presión de viento es aplicado sobre las áreas proyectadas de las estructuras donde serán colocados los conductores, los soportes y aisladores, se calculará mediante la ecuación del Código Nacional de Electricidad – Suministro 2011, que a continuación se presenta:

$$PV = K \times V^2 \times Sf \times A \dots\dots\dots (2.1)$$

Donde:

- PV = Carga en newton sobre metro cuadrado (N/m<sup>2</sup>)
- K = 0,613 Constante de presión, para elevaciones hasta 3 000 msnm.
- V = Velocidad del viento en m/s.
- Sf = Factor de forma 1,00 para conductores, aisladores y postes de concreto o metálico. 3,2 para torres de celosía.

- $A = \text{Área proyectada en m}^2$

**b) Momentos Generados por las diversas Cargas**

$$M_r \geq M_{vp} + M_{vc} + M_{vt} + M_{va} + M_{ang} + M_{cva} + M_{cvc} + M_{cvt} \dots \dots \dots (2.2)$$

Donde:

- $M_r$ : Momento que resiste el poste.
- $M_{vp}$ : Momento debido a la carga de viento sobre el poste.
- $M_{vt}$ : Momento debido a la carga de viento sobre el transformador.
- $M_{vc}$ : Momento debido a la carga de viento sobre los conductores.
- $M_{va}$ : Momento debido a la carga de viento sobre los aisladores.
- $M_{ang}$ : Momento debido a la carga de ángulo.
- $M_{cva}$ : Momento debido a las cargas verticales peso de aisladores y herraje.
- $M_{cvc}$ : Momento debido a cargas verticales peso de conductores.
- $M_{cvt}$ : Momento debido al peso del transformador.

**c) Diseño de los postes**

**- Cargas verticales**

Las cargas verticales aplicado sobre los cimientos en los postes, torres, crucetas, aisladores y accesorios de sujeción de los conductores y cables de guarda, se consideran como los peso propio de éstos más el de los cables de líneas, cables de guarda y equipo como son las ferretería de soportes, también se consideran los efectos que puedan resultar entre los soportes de los mismos actuantes.

**- Cargas transversales**

La carga transversal que es direccionada por el viento, soplando horizontalmente y en ángulo recto a la dirección de la línea, sobre la estructura, conductores, cables de guarda y accesorios. La carga transversal aplicado sobre la estructura, debida la acción del viento que ejecutan sobre los conductores y cable de guarda, se debe tomar las

consideraciones las variables mencionadas para poder calcular considerando también el “vano viento” que lo podemos definir como la semisuma de los vanos cercanos a la estructura que lo consideramos.

De este modo la carga transversal, es igual al vano viento que es multiplicado por las cargas unitarias que es debido al viento.

#### **- Carga longitudinal**

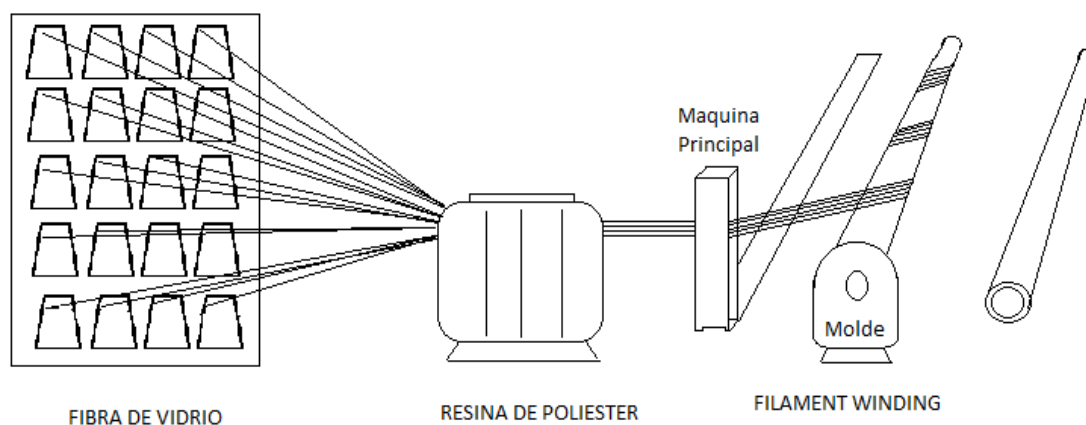
Son consideradas las componentes de las tensiones mecánicas máximas de los conductores o cables, que son ocasionadas por desequilibrio a uno y otro lado de la estructura, que son ocasionadas por los cambio de las tensiones mecánica, remate o ruptura de los mismos. Por lo tanto, no es necesario estimar las cargas longitudinales en los postes que lo comprenden en vanos rectos a lo largo de la línea, donde no varía la tensión mecánica productos por de los conductores y cables de guarda que se encuentran formados uno y otro lado de los soportes, excepto de los postes de remate que trabajan en tangente.

#### **2.2.6. MÉTODO DE FABRICACIÓN DE POSTES DE PRFV**

Los postes de poliéster reforzado en fibra de vidrio son obtenidos a través de lo de los siguientes métodos:

- Método Filament Winding o método de enrollamiento.
- Hand Lay-up o método por contacto.

Figura N° 2.5: Método de fabricación filament winding



Elaboración: Propia

### FABRICACIÓN DE POSTES DE PRFV

Los postes deberán ser fabricados con resinas de poliéster termoestable que esta reforzado con fibra de vidrio.

El material del poste será homogéneo constituido por el conjunto sintético por dos o más materiales. Y este elemento será de refuerzo (la fibra de vidrio) y un elemento fijado (que es la resina) para tener como resultado las características específicas y las propiedades que se desea, la resina y la fibra de vidrio deben ser compatibles químicamente. La resina deberá ser termoestable y será un material poliéster de tipo isoftálica o estervinílica, y el acrílico es cambiado, por fenólica o uretano, epóxica, Estos hilos de la fibra de vidrio tendrán que cumplir con las clasificaciones especificada de uso eléctrico, cuando se tendrá otro modelo de fibra diferentes a otro tipo de vidrio y este proceso fue ensayada y aprobada por más de tres años.

El laminado estructural es la combinación de fibra de vidrio tipo E o ECR y resina de poliéster insaturado que garantizan el desempeño mecánico del poste, debe estar compuesto de una serie de capas de fibra de vidrio y resina dispuestas en forma helicoidal (enrollamiento de filamento).

Este procedimiento de embobinado nos permite direccionar los hilos en las direcciones de máximo esfuerzo, por lo tanto brindara al poste una excelente relación esfuerzo/peso que luego se realizara la comparación con otros procesos de fabricación.

Se seleccionará muy adecuadamente la sustancia de resina, lo cual nos posibilita obtener una excelente resistencia química al medio ambiente establecido y también para la corrosión del suelo donde se instale la estructura. Por lo tanto la fibra de vidrio lo fortalece al poste en un elemento aislante eléctrico.

El proceso de embobinado como tecnología de producción consiste en enrollar en los molde los hilos continuos de fibra de vidrio impregnados de resina con las dirección preestablecidos (el ángulo pequeño en una dirección axial). Con este proceso de trabajo aseguramos una relación de hilo/resina d hasta obtener un 65%, el cual nos brinda una garantía de máxima resistencia en la dirección axial.

Para realizar el embobinado aseguramos una mínima variación de diámetro, y también en lo que es peso y resistencia mecánica.

**a) Preparación del molde:** Limpieza y colocación de agente desmoldante.

**b) Enrollamiento de fibras de vidrios:** Proceso automatizado mediante el cual se produce el enrollado de fibras de vidrio impregnadas con resina sobre el molde (Filament Winding).

**c) Cura del laminado:** Mediante el uso de hornos, se acelera el proceso de polimerización del PRFV. La aplicación de calor permite obtener una alta productividad en el proceso.

**d) Desmolde:** La aplicación de una fuerza hidráulica, permite desmoldar y separar el poste del molde. El molde vuelve al ciclo productivo, y el poste va a la sección de terminación.



**e) Perforado:** A través de una agujereadora de cabezal múltiple, se realizan los agujeros necesarios, los que luego permiten fijar distintos elementos sobre el poste.

**f) Terminación:** Pulido, pintura, colocación de tapas en agujeros y tapas de extremos, colocación de placa de identificación, pintado de marcas de referencias, etc.

**g) Control de calidad y ensayos:** Una vez que los postes dejan atrás el proceso de terminación, se los somete a una serie de inspecciones y ensayos para dar conformidad con lo especificado en el diseño.

**h) Estiba de postes:** Aquellos postes aprobados, pasan al sector de estiba, donde esperan hasta ser despachados.

**i) Carga y despacho:** Se cargan los postes a despachar.

### **CARACTERÍSTICAS GENERALES**

Los postes de PRFV reúnen los requisitos de las normas establecidas cumpliendo con las características particulares señaladas en sus especificaciones técnicas y deberán contar con las certificaciones apropiadas de acuerdo a ETS-LP-29. Los postes se utilizan para la instalación de infraestructura de redes eléctricas aéreas, correspondientes a los niveles de tensión, como apoyo para el montaje de redes, luminarias, equipos y/o transformadores con sus respectivas protecciones.

Se emplearán principalmente en zonas rurales y urbanas de difícil acceso, en las zonas industriales de alta contaminación y alto nivel de descarga atmosféricas, siendo transportados fácilmente por el personal capacitado.

Además debe ser bastante resistente a los rayos solares, a la humedad, a la lluvia. El área superficial deberá ser auto-limpiante con el fin de la acumulación de la suciedad en el interior de la estructura.

Los postes deberán ser troncocónicos de un solo tramo correspondiente a la longitud solicitada por CENS, tener sección circular y serán ahuecados circularmente.

Los postes deberán abastecerse con dos perforación de espesor no menor a 2 cm, una localizada que estarán a una distancia entre 20 y 50 cm y estarán por debajo de las marcaciones de enterramiento y la otra salida se encuentra registrada en su parte superior del estructura a 10 cm y estarán por debajo de la perforaciones inferior y deben contar con una mecanismo que permita el libre paso del conductor de protección de la puesta a tierra que esto será por el interior del poste y luego será la conexión al electrodo de puesta a tierra, se debe tener en cuenta el diseño de estos orificios de tal para que sea fácil el alambrado.

### **CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS Y TÉRMICAS**

Las cargas de diseño de los postes deberán ser de acuerdo a las normas (200 kgf, 300 kgf, 400 kgf, 500 kgf, 600 kgf), el factor de seguridad esta normada de 2 entonces la carga de diseño del poste deberá ser superior o igual en 2 veces de los requerimientos por las cargas de la acción de trabajo a las que serán sometidos.

El poste deberá estar de acuerdo como para soportar esfuerzos térmicos y mecánicos horizontales y verticales de acuerdo a las condiciones de utilización en un sistema de distribución.

El poste no debe sufrir talladuras en el momento de vestir las ferreterías como son, las arandelas de presión, tuercas y tornillos que se utilicen en la fijación de los diferentes elementos.

El poste debe estar garantizados para los esfuerzos de compresión que transmite los templetes o vientos para evitar el doblado del poste.

El poste debe estar garantizado para los esfuerzos de compresión que transmite los temples o vientos para evitar el doblado del poste.

El poste deberá quemarse a una rata de velocidad menor que 2,54 cm/min y tendrá que cumplir con lo indicado de la norma ASTM D635. La dureza de BARCOL tendrá

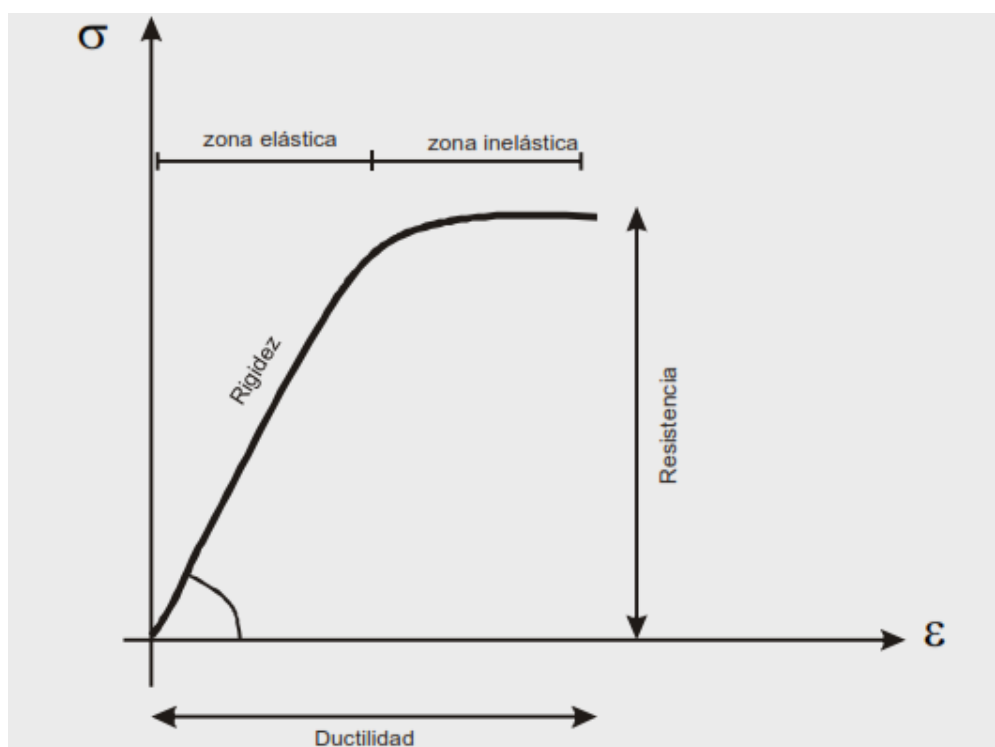
que ser de 32 de acuerdo a la norma ASTM D2583. La absorción de humedad del poste tendrá que brindar un máximo porcentaje de absorción de 0,6 % después de inmersión en agua a 25 °C de acuerdo con la norma de ASTM D570.

El poste deberá ser ensayado de acuerdo con lo establecido en la norma ASTM D4923, el poste durante prueba de deflexión no debe presentar agrietamientos ni fisuras y conservar la relación de esfuerzo/deformación de diseño.

El poste deberá aguantar una torsión de 75 Nm de los pernos o espaciadores sin presentar fisuras, ovalamientos y grietas, además deberá aguantar la presión de halado hacia debajo de los pernos espaciadores de los equipos del sistema de redes de distribución tales como transformadores, reguladores y reconectores, la tensión mínima del equipo sin que presente daños en el poste es de 22,24 N.

El poste deberá resistir la cizalladura en un lado que ocasionen los equipos instalados en el poste. También se deberá resistir cargas de torsión por el desequilibrio de las cargas, tal como lo estipula la norma manual ASCE N 104.

Figura N° 2.6: Curva esfuerzo deformación unitaria



Fuente: (Salazar, Resistencia de materiales para estudiantes de ingeniería, pag. 41)

### CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

El material del poste deberá ser eléctricamente no conductivo, para los niveles de M.T. y B.T. el método de ensayo está normado bajo esta condición ASTM D149 ó 257 y deberá ser resistente a la llama que puede ocasionar las descargas atmosféricas u otros efectos.

Para determinar las características eléctricas se harán las pruebas de diseño del poste. Los ensayos serán aplicados en corriente alterna para las condiciones en secas y húmedas.

Los ensayos serán realizados para montajes similares para los que se utilizan en los terrenos establecidos, con y sin aisladores tipo suspensión y/o tipo pin para 13,2 kV y 34,5 kV y con conductores desnudos. Las normas para estos ensayos estarán de acuerdo con la norma IEEE-4 y la norma ANSI C29.1.

Los ensayos con corriente alterna se determinaran el comportamiento de los aisladores con crucetas no conductivas. El BIL del poste será un mínimo de 300 kV.

### **REQUERIMIENTOS TÉCNICOS Y PARTICULARES**

Los requerimientos de los postes deben de reunir las siguientes indicaciones:

- Debe ser resistente a los rayos solares.
- Evitar propagar la llama.
- La rigidez dieléctrica debe ser altamente elevada.
- La dureza debe ser alta.
- La resistencia a la tracción y a la flexión debe ser bien alta.
- Para los químicos y ácidos debe ser altamente resistente.
- Debe ser libre de mantenimiento.
- No debe contener almacenamiento de elementos que pueden servir de alimento o que puedan permitan vivir los microorganismos.
- Los postes deben de llevar en la parte superior de la cima y en la base una tapa que puede ser fija o removible.
- Para los caso de los postes seccionados deben de llevar marcaciones clara para su correcto acople, también debe de llevar las instrucciones de instalación.

### **NORMAS DE REFERENCIAS**

Los postes de poliéster reforzado en fibra de vidrio cumplirán con las prescripciones de las siguientes normas vigentes:

- ASTM D578: Standard Specification for Glass Fiber Shands.
- ASTM D4923-01. Standard Specification for Reinforced Thermosetting Plastic Poles.
- ASTM D635-98: Standard Test Method for Rate of Burning and/or Extent and Time of Burning of Plastics in a Horizontal Position.

- ASTM D2583-07: Standard Test Method for Indentation Hardness of Rigid Plastics by Means of a Barcol Impressor.
- ASTM G154-06: Standard Practice for Operating Fluorescent Light Apparatus for UV Exposure of Nonmetallic Materials.
- ASTM D648-07: Standard Test Method for Deflection Temperature of Plastics Under Flexural Load in the Edgewise Position.
- ASTM D149-09: Standard Test Method for Dielectric Breakdown Voltage and Dielectric Strength of Solid Electrical Insulating Materials at Commercial Power Frequencies.
- ASTM D2996-01: Standard Specification for Filament-Wound "Fiberglass" (Glass-Fiber Reinforced Thermosetting-Resin) Pipe.
- ASTM C582-09: Standard Specification for Contact-Molded Reinforced Thermosetting Plastic (RTP) Laminates for Corrosion Resistant Equipment.
- ASTM D79G-10: Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials).
- ANSI C136.20 Norma de fabricación y ensayos.

## DEDINICIÓN DE TÉRMINOS

### a) **Esfuerzo**

Está definido como un conjunto de fuerzas y momentos estáticamente iguales en la distribución de tensiones internas sobre el área superficial de la sección.

### b) **Nivel de tensión**

Los niveles de tensión de fibra de vidrio se comprueban y reporta como son: la tensión de rotura que se dan (MPa) y el esfuerzo de compresión (MPa), la Densidad ( $\text{g/cm}^3$ ), Dilatación térmica ( $\mu\text{m/m}^\circ\text{C}$ ), Temperatura de ablandamiento ( $^\circ\text{C}$ ).

**c) Ecológico**

Termino que se refiere al estudio y análisis de la vinculación que surge entre los seres vivos que los rodea a su contorno, comprendiendo como la mezcla de los factores abióticos (entre los cuales se puede mencionar al clima y a la geología) y los factores bióticos.

**d) Resina**

Es una sustancia pastosa o sólida que se adquiere de manera natural a partir de una secreción orgánica de ciertas plantas. Gracias a sus características químicas, las resinas lo utilizamos para la fabricación de perfumes, adhesivos, barnices y aditivos alimenticios, entre otros productos.

**e) Catalizador**

Las resinas plásticas fortalecidos con vidrio necesitan de un catalizador para tratar adecuadamente. Estos productos químicos tienen una reacción violenta en contacto con la resina. El catalizador más común para las resinas de poliéster es el peróxido de metil-etil-cetona, también conocido como peróxido de MEK.

**f) Concreto armado**

Es el concreto con barras o mallas de acero, que son denominados armaduras, también es posible armarlo con fibras, tales como fibras de vidrio, fibras de acero y fibras plásticas o combinaciones barras de acero con fibras dependiendo de las necesidades a los que estarán sometido.

**g) Poste**

Un poste, es un soporte a algo. También conocido como poste de luz donde se utiliza para el tendido de las redes eléctricas o que tiene un foco en su parte superior para brindar una iluminación a un espacio público.

**h) Dureza**

La dureza es una propiedad física de los materiales que está basado con la unión de las moléculas que lo conforman, evitando así que cualquier otro elemento o sustancias lo partan, lo penetre, o lo comprometa.

**i) Resistencia**

La resistencia es la acción o capacidad de aguantar u oponerse. Sin embargo, las definiciones quedaran sujeta a las diferentes disciplinas en la que será aplicada.

**j) Flexión**

Flexión lo denominamos al tipo de deformación que presenta un componente estructural alargado con una dirección perpendicular a su eje longitudinal.

El término "alargado" se produce en una dimensión dominante frente a las otras. En un caso típico las vigas, las que están diseñadas para trabajar, principalmente, por flexión. De tal manera, flexión se extiende a elementos estructurales superficiales como placas o láminas.

**k) Fatiga a la flexión**

Es un efecto generado en el material debido a la aplicación de cargas dinámicas cíclicas, a su vez son aplicados esfuerzos variables, alternantes o fluctuantes en gran cantidad de repetición de esfuerzos que al final lo conduce a la falla por fatiga del elemento, así el máximo esfuerzo.

**l) Torsión**

Torsión mecánica consiste son las aplicaciones de un par de momento de fuerza sobre el eje longitudinal de un elemento constructivo prismática mecánico. El estudio general de la torsión aparecerán tensiones tangenciales semejantes a la sección transversal.



**m) Esfuerzo de compresión**

Es la resultante de las tensiones o presiones que se aplican dos fuerzas de igual magnitud en la misma dirección y en sentido opuesto sobre de un sólido o cuerpo deformable, caracterizada porque son reducidas de volumen del cuerpo, y a un acortamiento del cuerpo que tiene una reacción determinada y el esfuerzo de compresión puede ser simplemente la fuerza resultante que actúa sobre una determinada sección transversal al eje baricéntrico de dicho prisma.

**n) Pandeo**

Es el esfuerzo combinado de flexión y compresión, se da en elementos de disposición vertical, por ejemplo en una estructura muy alta y de poca sección.

**o) Madera**

Es un material ortótropo, con diferentes elasticidad según la orientación de la deformación, encontrado en la naturaleza como principal contenido del tronco de un árbol, además los árboles son caracterizados por tener troncos que crecen año tras año, formándose anillos concéntricos correspondientes de distintos crecimiento de la biomasa según las estaciones del campo, y que están compuestos por fibras de celulosa unidas con lignina.

**p) Fibra**

Se denominan fibra o fibra textil a los conjuntos de filamentos o hebras que son susceptibles para ser usados para hacer la formación de hilos (y de estos los tejidos), ya por hilado, o por procesos físicos o químicos. Así, la fibra es la estructura fundamental de los materiales Tejido (textil) textiles.

Para obtener los hilos, para tejidos y como para no tejidos se puede utilizar dos tipos de fibra.

- Fibra corta: Son hebras de 6 cm de longitud. Se considera de mayor calidad cuanto más larga y más fina sea.

- Filamento: Es el filamento de hebras continuas de alta calidad es el más suave y resistente.

**q) Solvente**

Es un filamento de origen natural, artificial, apto para poder ser hilado y tejido, que generalmente presenta gran finura y buena flexibilidad, y se obtiene la fibra artificial de la Fibra textil que se obtiene a partir de la transformación química de productos naturales (celulosa y proteínas animales o vegetales) y la fibra natural de la fibra textil que se obtiene a partir de productos naturales de origen vegetal (algodón, cáñamo), animal (lana, seda) o mineral (amianto).

**r) Cera**

Las ceras son denominados esteres de los ácidos grasos que contienen alcoholes con un peso molecular elevado, que son moléculas que se logra por esterificación, la temperatura de fundición del material es de 45 grados centígrados.

**s) Película separadora**

La película separadora es un producto diseñado para lograr un fácil y uniforme desprendimiento de aplicaciones de resina y Gel coats en moldes de fibra de vidrio, metal, madera, vidrio, etc.

**t) Gel coat (capas)**

El Gel coat es un elemento importante para proteger y reforzar de la acción de corrosión y agentes destructoras externos a su vez embellece el material en proceso.

**u) Rigidez dieléctrica**

Los campos eléctricos de reducidas medidas polarizan los dieléctricos, que dan una orientación a sus moléculas sin extraer electrones de sus respectivos átomos, por lo

tanto no producen corriente de conducción dieléctrica, la rigidez dieléctrica del aire seco de nuestra naturaleza es de 30 kv/cm, superior a este valor se produce el arco eléctrico.

**v) Absorción**

Consiste en separar uno o más componentes de una combinación gaseosa con el apoyo de un solvente líquido con este procedimiento se forma soluciones [un soluto o varios solutos] que son absorbidos de las fases gaseosas y que luego pasan al estado líquido. Este desarrollo implica una transmisión molecular turbulenta o un sedimento de masa a soluto A, a través del gas B que no se hace la difusión que está en reposo hasta un proceso de obtención de un líquido C que también se encuentra en reposo.

**w) Gravedad específica**

La gravedad específica son comparaciones de la densidades de diferentes sustancias con la densidad del agua por lo tanto la gravedad específica es equivalente de los elementos entre del agua. Por lo tanto la gravedad específica no tiene unidades.

**x) Conductividad térmica**

Es la facilidad con que un medio conduce una energía eléctrica es decir dependerá mucho de los materiales a transferir calor por conducción esto se produce por contacto directamente con el material y sin intercambio de materia.

## **2.3. HIPÓTESIS**

### **2.3.1. HIPÓTESIS GENERAL**

El estudio técnico económico para la fabricación de poliéster reforzado en fibra de vidrio como nueva alternativa nos permitirá cubrir las necesidades importantes como: el bajo peso, facilidad de transporte, cimentación económica, resistente a la corrosión e intemperie; en los proyectos de electrificación rural.

### 2.3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICA

Realizando el estudio técnico de un poste de 8/200 daN, nos permitirá verificar si cumple con las especificaciones técnicas establecidas.

Realizando la evaluación económica nos permite evaluar los costos.

### 2.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

En este proceso se descompondrá deductivamente las variables que componen el problema de investigación.

Se identifica las siguientes variables.

*Tabla N° 2.4: Operacionalización de variables*

VARIABLES	INDICADORES	INDICE
<b>Independiente</b>		
Longitud del poste	Metros	m
Diametro del poste	Metros	m
<b>Dependiente</b>		
Esfuerzo de rotura	Pascales	Pa
Esfuerzo de flexión	Pascales	Pa
Espesor del poste	Milimetro	mm

Elaboración: Propia

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Este tipo de investigación que se ha abordado para este proyecto es de forma exploratoria debido a que la información es vaga o poco conocida, donde por medio de la observación y análisis se pueden identificar relaciones potenciales entre variables que establecen un punto de partida para investigaciones futuras. Por medio de este tipo de investigación veremos la opción de existencia de prioridad de inversión del proyecto de investigación planteado.

El diseño de investigación es experimental, con pruebas de flexión del poste sometido al estudio.

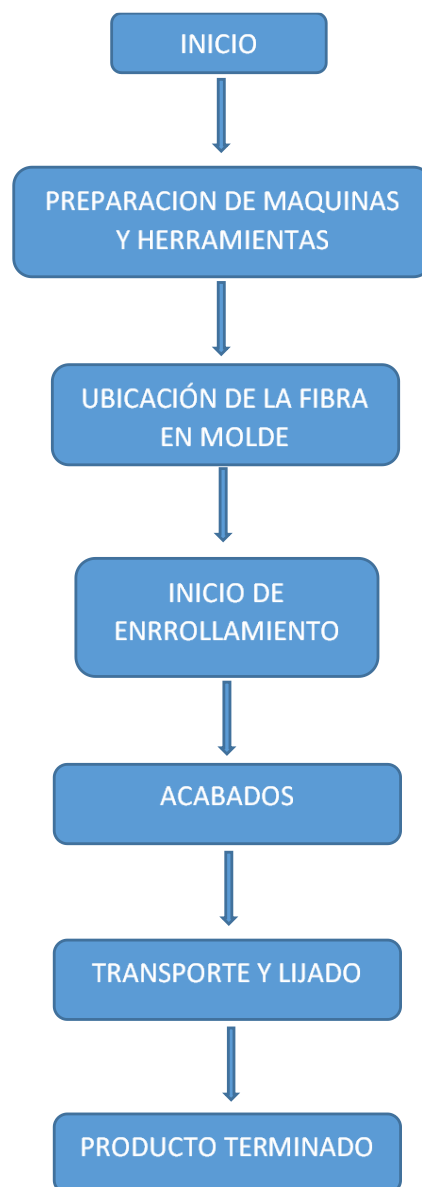
#### 3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

En el presente trabajo de investigación no se cuenta con población ni muestra, por ser un tema de estudio que se trata a un solo elemento y sus aplicaciones. Por lo tanto el trabajo de investigación será desarrollado bajo esa perspectiva. Se debe resaltar que mayormente en trabajos de índole social es que se recurre a trabajar con una población y una muestra.

#### 3.3. PROCESO DE FABRICACIÓN DE POSTE DE PRFV

El proceso de fabricación para un poste de PRFV ha sido elaborado tomando en consideración todos los detalles de fabricación y según el tipo de poste a construir, seguidamente se elabora un diagrama de flujo que permite determinar los requerimientos del equipo y recurso humano necesario:

Figura N° 3.1: Proceso de fabricación



Elaboración: Propia

- CAE (Computer Aided Engineering) Generación del cálculo estructural para determinar el número de capas en función del tamaño, clasificación de carga y ángulo de bobinado.
- CAM (Computer Aided Manufacturing) Generación de la trayectoria para el CNC según el número de capas, en este paso se genera el código G.
- Enrollamiento filamental, preparación del mandril y devanado de la fibra.
- Cura.

- Almacenaje.

Lo que determina la resistencia es el ángulo del devanado y el número de capas y para ello la IBCOM-INSTITUTO BRASILEÑO desarrollaron este software ESTRUTUCAD, para realizar el cálculo estructural.

Figura N° 3.2: Pantalla del programa estrutucad

The screenshot shows the main configuration window of the ESTRUTUCAD software. It includes a menu bar at the top with options like 'Proposta', 'Localizar', 'Resumo', 'Planeio', 'Anterior', 'Proximo', 'Último', 'Incluir', 'Modificar', 'Confirmar', 'Cancelar', and 'Excluir'. Below the menu, there are several sections for data entry:

- 1. TIPO DE INSTALACION:** Radio buttons for 'ENTERRADA' (selected) and 'AEREA'.
- 2. DN:** Input field with value '1300' and 'ÁNGULO' with value '70'.
- 3. NORMAS APLICABLES:** Input field with 'AWWA' and 'OTRA' with 'AWWA'.
- 4. CLASE DE PRESSION (PN):** A vertical list of radio buttons from PN 6 to PN 32, with PN 10 selected.
- 5. CLASE DE RIGIDEZ:** Radio buttons for '2.500 N/m2', '5.000 N/m2' (selected), and '10.000 N/m2'.
- 6. BARRERA QUÍMICA:** Input fields for '375', 'Tipo de MANTA' (value '1'), 'CAMADAS DE MANTA', 'TEREFTALICA', 'Tipo de RESINA', and 'CAMADAS DE VÉU' (value '2').
- 7. LARGO TOTAL:** Input field with '14000' and unit 'mm'.
- 8. DENSIDADE DO FLUIDO:** Input field with '1' and unit 'g/m3'.
- 9. TEMPERATURA DO FLUIDO:** Input field with '30' and unit '°C'.
- 10. TIPO DE JUNTA:** Two columns of radio buttons for 'LADO A' and 'LADO B', each with options for 'ESPIGA', 'CAMPANA', 'BRIDA', 'ESPIGA SOLDA', and 'CAMPANA SOLDA'.

At the bottom right, there is a table with columns 'Item' and 'Descrição'. The table contains 12 rows of data. Below the table is a button labeled 'Σ RESULTADO'.

Item	Descrição
1	TB FRP BP Aw/ 10 5000 1300 L=14000 E
2	TB FRP PB Aw/ 8 10000 1500 L=6000 E
3	TB FRP PB Aw/ 10 5000 300 L=0 E
4	TB FRP PB Aw/ 16 10000 700 L=14000 A
5	TB FRP PB Aw/ 10 5000 600 L=14000 E
6	TB FRP PB Aw/ 6 2500 1100 L=14000 A
7	TB FRP PB Aw/ 16 2500 600 L=14000 A
8	TB FRP PB Aw/ 10 5000 1300 L=14000 E
9	TB FRP PB Aw/ 10 5000 1300 L=14200 E
10	TB FRP PB Aw/ 16 2500 600 L=14200 A
11	TB FRP PB Aw/ 10 5000 1300 L=14200 E
12	TB FRP BP Aw/ 10 5000 1400 L=14200 E

Fuente: (Aumek)

Una vez que el número de capas son estipuladas para a la segunda etapa, que es la generación de la trayectoria.

Figura N° 3.3: Configuración del programa estrutucad

Fuente: (Aumek)

Ejemplo del archivo de código G

:% 1.11 (Aumek v3.1 i = 500.0, c = 11000.0, DB = 385.0, DT = 190.0, CP = 13000.0)

(Ancho de Banda = 100.0)

(Roving = 242.0 metros / hilo)

: G54

: G52 A0

: G64 G90 G94

: G01 Z0 F35000

: Y500.000 Z0.004 F35000

: X226.028

: M00

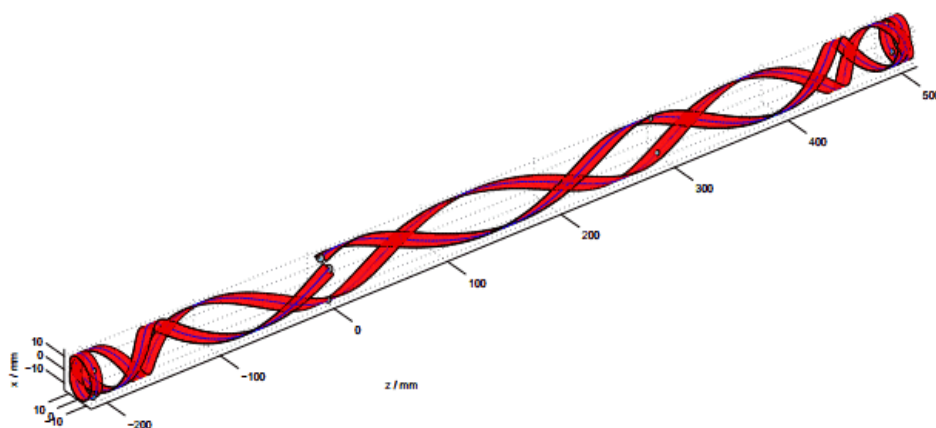
: G01 G64 G91 G94



```
: # 1 = 10  
  
: WHILE [# 1 >= 1]  
  
: A 1.001 Y 0.000 X -0.000 Z -0.000 F 10800  
  
: A 1.001 Y 0.000 X -0.000 Z -0.001 F 10800  
  
: A 1.001 Y 0.001 X -0.000 Z -0.001 F 10800  
  
: A 1.001 Y 0.001 X -0.000 Z -0.001 F 10800  
  
: A 1.001 Y 0.000 X -0.000 Z -0.001 F 10800  
  
: A 1.001 Y 0.000 X -0.000 Z -0.000 F 10800  
  
: A 1.001 Y 0.000 X -0.000 Z -0.000 F 10800  
  
: A 1.001 Y -0.000 X 0.000 Z 0.000 F 10800  
  
: A 1.001 Y -0.000 X 0.000 Z 0.000 F 10800  
  
: A 1.001 Y -0.000 X 0.000 Z 0.000 F 10800  
  
: A 1.001 Y -0.000 X 0.000 Z 0.000 F 10800  
  
: A 1.001 Y -0.000 X 0.000 Z 0.000 F 10800  
  
: A 1.001 Y 0.000 X -0.000 Z -0.000 F 10800  
  
: A 1.001 Y 0.000 X -0.000 Z -0.000 F 10800  
  
: A 1.001 Y 0.000 X -0.000 Z -0.000 F 10800  
  
: A 1.001 Y 0.000 X -0.000 Z -0.000 F 10800  
  
: A 1.001 Y 0.000 X -0.000 Z -0.000 F 10800  
  
: A 1.001 Y 0.000 X -0.000 Z -0.000 F 10800
```

Este archivo se transfiere al comando CNC.

Figura N° 3.4: Pantalla del programa estructural - diseño del poste



Fuente: (Aumek)

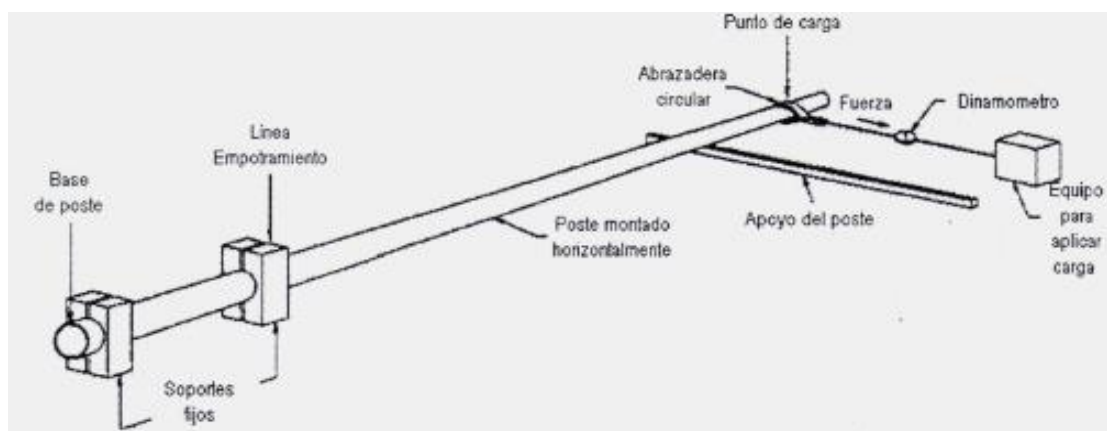
Representación gráfica de un ciclo del código G.

En el proceso de bobinado filamentar, los hilos de Roving previamente impregnados con resina + aditivos son bobinados sobre la superficie de un mandril cónico.

### 3.4. INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS

Para realizar las pruebas utilizaremos el siguiente esquema de ensayo y emplearemos los siguientes instrumentos:

Figura N° 3.5: Disposición para prueba de carga nominal y rotura



Fuente: (ETS-LP 29)

### 3.4.1. DINAMÓMETRO

Es un instrumento para medir fuerzas internas, basado en la capacidad de deformaciones de los cuerpos que utilizamos para determinar los valores que la norma lo fija.

Existen varios tipos de dinamómetros diseñados para diversas funciones a realizar los trabajos respectivos y estos son:

- Dinamómetros mecánicos.
- Dinamómetros electrónicos.

Estos dinamómetros son más precisos presenta un desviación máxima de más menos del 0,3 por ciento.

En cuanto a las marcas el más recomendado para estos tipos de trabajos de precisión es la marca PCE- CS 5 000 N.

Y para fuerzas mayores es el dinamómetro que es manual y digital por su seguridad, la marca es PCE-CS 1 000 N.

### 3.4.2. TECLE

Es un instrumento que controla la fuerza aplicada al cuerpo a través de un dinamómetro para ver las deformaciones que va sufriendo la estructura.

El tecele que se usa en el presente trabajo realizado es el tecele manual de cadena para poder tener el control de la fuerza adecuado, de las deformaciones que va sufriendo el material. Existen varios tipos de Tecles:

- Tecles manuales de cadena.
- Tecles manuales de palanca.
- Tecles neumáticos.
- Tecles eléctricos.

- La marca de tecla más recomendada es Marca Yale – Alemana, de 0,5 ton hasta 20 ton.

### **3.4.3. FLEXÓMETRO**

El flexómetro es un instrumento para obtener unidades de medidas cortas, además se fija distancias normadas para fijar los trabajos de ensayos respectivos para la aplicación del dinamómetro. Existen varios tipos de instrumentos de medición y los tipos de flexómetros recomendables son:

- Flexómetro Bellota
- Flexómetro de rueda de medición Odómetro Marca Lufkin
- Cintas métricas homologadas CM5512MMT, CM551B2MMT, CM551.

## **3.5. ESTUDIO ECONÓMICO Y DE COSTOS**

El valor de las inversiones previas y para la puesta en marcha del proyecto, y de aquellas que se realizarán durante la operación misma, serán determinantes para la evaluación económica. Para lo cual la inversión total se sintetiza en tres segmentos: inversión fija, inversión diferida, capital de trabajo. Finalmente calculamos los egresos e ingresos del proyecto.

### **3.5.1. MATERIA PRIMA**

La materia prima requerida para la capacidad instalada de producción de la planta, considerando que por cada molde de postes con los que se proyecta contar, se puede fabricar 7 postes al día, en jornadas de 8 horas al día. En las siguientes tablas se muestra la cantidad de materia prima para cada tipo de poste.

Tabla N° 3.1: Materia prima para poste de 8/200 daN

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unit. US\$	Precio Total US\$
1	Fibra de vidrio	kg	34,25	3	102,75
2	Resina	kg	14,25	3,3	47,025
3	Aditivos	kg	1,5	5	7,5
<b>Total Materia prima poste de 8/200</b>					<b>157,275</b>

Elaboración: Propia

Tabla N° 3.2: Materia prima para poste de 8/300 daN

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unit. US\$	Precio Total US\$
1	Fibra de vidrio	kg	47,95	3	143,85
2	Resina	kg	19,95	3,3	65,835
3	Aditivos	kg	2,1	5	10,5
<b>Total Materia prima poste de 8/300</b>					<b>220,185</b>

Elaboración: Propia

Tabla N° 3.3: Materia prima para poste de 9/300 daN

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unit. US\$	Precio Total US\$
1	Fibra de vidrio	kg	61,65	3	184,95
2	Resina	kg	25,65	3,3	84,645
3	Aditivos	kg	2,7	5	13,5
<b>Total Materia prima poste de 9/300</b>					<b>283,095</b>

Elaboración: Propia

Tabla N° 3.4: Materia prima para poste de 13/300 daN

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unit. US\$	Precio Total US\$
1	Fibra de vidrio	kg	102,75	3	308,25
2	Resina	kg	42,75	3,3	141,075
3	Aditivos	kg	4,5	5	22,5
<b>Total Materia prima poste de 13/300</b>					<b>471,825</b>

Elaboración: Propia

Tabla N° 3.5: Materia prima para poste de 13/400 daN

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unit. US\$	Precio Total US\$
1	Fibra de vidrio	kg	116,45	3	349,35
2	Resina	kg	48,45	3,3	159,885
3	Aditivos	kg	5,1	5	25,5
<b>Total Materia prima poste de 13/400</b>					<b>534,735</b>

Elaboración: Propia

### 3.5.2. ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

Tabla N° 3.6: APU para transporte de poste de 8/200 daN

PARTIDA : **Transporte de poste de 8 m/200 daN de almacen a punto de izaje**  
 UNIDAD : Un.  
 RENDIMIENTO : 30 Un/día  
 PARTICIPACION DE LA MANO DE OBRA EN LOS COSTOS 3,76% CALIFICADA 96,24% NO CALIFICADA

DESCRIPCION	Und.	Cantidad	P. Unitario S/.	Parcial S/.	Indice (INEI)
<b>MATERIALES</b>					
Material varios (estrobo, sogá, etc)	%	5,00	19,13	0,96	039
				Sub-total	0,96
<b>MANO DE OBRA</b>					
Capataz	0,10 h-h	0,03	23,87	0,72	047
Peón	5,00 h-h	1,33	13,84	18,41	047
				Sub-total	19,13
<b>EQUIPOS Y HERRAMIENTAS</b>					
Camión plataforma 4X2, 122 HP, 8 Tn	1,00 h-m	0,27	164,59	44,44	049
Herramientas % mano de obra	%	5,00	19,13	0,96	048
				Sub-total	45,40
<b>TOTAL</b>			<b>S/.</b>	<b>65,49</b>	

Elaboración: Propia

Tabla N° 3.7: APU para transporte de poste de 9/300 daN

PARTIDA : **Transporte de poste de 9 m/300 daN de almacen a punto de izaje**  
 UNIDAD : Un.  
 RENDIMIENTO : 27 Un/dia  
 PARTICIPACION DE LA MANO DE OBRA EN LOS COSTOS 4,75% CALIFICADA 95,25% NO CALIFICADA

DESCRIPCION	Und.	Cantidad	P. Unitario S/.	Parcial S/.	Indice (INEI)
<b>MATERIALES</b>					
Material varios (estrobo, sogá, etc)	%	5,00	30,08	1,50	039
				Sub-total	1,50
<b>MANO DE OBRA</b>					
Capataz	0,20	h-h	0,06	23,87	1,43
Peón	7,00	h-h	2,07	13,84	28,65
				Sub-total	30,08
<b>EQUIPOS Y HERRAMIENTAS</b>					
Camión plataforma 4X2, 122 HP, 8 Tn	0,75	h-m	0,22	164,59	36,21
Herramientas % mano de obra		%	5,00	30,08	1,50
				Sub-total	37,71
<b>TOTAL</b>			<b>S/.</b>	<b>69,29</b>	

Elaboración: Propia

Tabla N° 3.8: APU para transporte de poste de 13/300 daN

PARTIDA : **Transporte de poste de 13 m/300 daN, de almacen a punto de izaje**  
 UNIDAD : Un.  
 RENDIMIENTO : 16 Un/dia  
 PARTICIPACION DE LA MANO DE OBRA EN LOS COSTOS 4,14% CALIFICADA 95,86% NO CALIFICADA

DESCRIPCION	Und.	Cantidad	P. Unitario S/.	Parcial S/.	Indice (INEI)
<b>MATERIALES</b>					
Material varios (estrobo, sogá, etc)	%	5,00	57,75	2,89	039
				Sub-total	2,89
<b>MANO DE OBRA</b>					
Capataz	0,20	h-h	0,10	23,87	2,39
Peón	8,00	h-h	4,00	13,84	55,36
				Sub-total	57,75
<b>EQUIPOS Y HERRAMIENTAS</b>					
Camión plataforma 4X2, 122 HP, 8 Tn	0,65	h-m	0,33	164,59	54,31
Herramientas % mano de obra		%	5,00	57,75	2,89
				Sub-total	57,20
<b>TOTAL</b>			<b>S/.</b>	<b>117,84</b>	

Elaboración: Propia

Tabla N° 3.9: APU para transporte de poste de 13/400 daN

PARTIDA :						Transporte de poste de 13 m/400 daN, de almacen a punto de izaje					
UNIDAD :						Un.					
RENDIMIENTO :						16 Un/dia					
PARTICIPACION DE LA MANO DE OBRA EN LOS COSTOS						3,70% CALIFICADA			96,30% NO CALIFICADA		
DESCRIPCION	Und.	Cantidad	P. Unitario S/.	Parcial S/.	Indice (INEI)						
<b>MATERIALES</b>											
Material varios (estrobo, sogá, etc)	%	5,00	64,67	3,23	039						
				Sub-total	3,23						
<b>MANO DE OBRA</b>											
Capataz	0,20	h-h	0,10	23,87	2,39	047					
Peón	9,00	h-h	4,50	13,84	62,28	047					
				Sub-total	64,67						
<b>EQUIPOS Y HERRAMIENTAS</b>											
Camión plataforma 4X2, 122 HP, 8 Tn	0,65	h-m	0,33	164,59	54,31	049					
Herramientas % mano de obra	%	5,00	64,67	3,23	048						
				Sub-total	57,54						
<b>TOTAL</b>			<b>S/.</b>		<b>125,44</b>						

Elaboración: Propia

Tabla N° 3.10: APU para izaje de poste de 8/200 daN

PARTIDA :						Izaje, identificación y señalización de poste de 8 m/200 daN (*)					
UNIDAD :						Un.					
RENDIMIENTO :						22 Un/dia					
PARTICIPACION DE LA MANO DE OBRA EN LOS COSTOS						52,16% CALIFICADA			47,84% NO CALIFICADA		
DESCRIPCION	Und.	Cantidad	P. Unitario S/.	Parcial S/.	Indice (INEI)						
<b>MATERIALES</b>											
Material varios (estribo, sogá, pintura, brochas, etc)	% MO	5,00	31,54	1,58	039						
				Sub-total	1,58						
<b>MANO DE OBRA</b>											
Capataz	0,50	h-h	0,18	23,87	4,30	047					
Operario	1,00	h-h	0,36	18,36	6,61	047					
Oficial	1,00	h-h	0,36	15,39	5,54	047					
Peón	3,00	h-h	1,09	13,84	15,09	047					
				Sub-total	31,54						
<b>EQUIPOS Y HERRAMIENTAS</b>											
Camión plataforma 4X2, 122 HP, 8 Tn	0,15	h-m	0,05	164,59	8,23	049					
Pluma de izaje	0	h-m	0,00	20,80	0,00	049					
Herramientas % mano de obra	1	%	5,00	31,54	1,58	048					
				Sub-total	9,81						
<b>TOTAL</b>			<b>S/.</b>		<b>42,93</b>						

Elaboración: Propia



Tabla N° 3.11: APU para izaje de poste de 9/300 daN

PARTIDA : **Izaje, identificación y señalización de poste de 9 m/300 da N (\*)**  
 UNIDAD : Un.  
 RENDIMIENTO : 20 Un/día  
 PARTICIPACION DE LA MANO DE OBRA EN LOS COSTOS 52,38% CALIFICADA 47,62% NO CALIFICADA

DESCRIPCION	Und.	Cantidad	P. Unitario S/.	Parcial S/.	Indice (INEI)
<b>MATERIALES</b>					
Material varios (estribo, sogá, pintura, brochas, etc)	% MO	5,00	34,88	1,74	039
				Sub-total	1,74
<b>MANO DE OBRA</b>					
Capataz	0,50	h-h	0,20	23,87	4,77 047
Operario	1,00	h-h	0,40	18,36	7,34 047
Oficial	1,00	h-h	0,40	15,39	6,16 047
Peón	3,00	h-h	1,20	13,84	16,61 047
				Sub-total	34,88
<b>EQUIPOS Y HERRAMIENTAS</b>					
Camión plataforma 4X2, 122 HP, 8 Tn	0,25	h-m	0,10	164,59	16,46 049
Pluma de izaje	0	h-m	0,00	20,80	0,00 049
Herramientas % mano de obra	1	%	5,00	34,88	1,74 048
				Sub-total	18,20
<b>TOTAL</b>			<b>S/.</b>	<b>54,82</b>	

Elaboración: Propia

Tabla N° 3.12: APU para izaje de poste de 13/300 daN

PARTIDA : **Izaje, identificación y/o codificación, y señalización de poste de 13 m/300 daN (\*)**  
 UNIDAD : Un.  
 RENDIMIENTO : 19 Un/día  
 PARTICIPACION DE LA MANO DE OBRA EN LOS COSTOS 45,20% CALIFICADA 54,80% NO CALIFICADA

DESCRIPCION	Und.	Cantidad	P. Unitario S/.	Parcial S/.	Indice (INEI)
<b>MATERIALES</b>					
Material varios (estribo, sogá, pintura, brochas, etc)	% MO	5,00	42,43	2,12	039
				Sub-total	2,12
<b>MANO DE OBRA</b>					
Capataz	0,50	h-h	0,21	23,87	5,01 047
Operario	1,00	h-h	0,42	18,36	7,71 047
Oficial	1,00	h-h	0,42	15,39	6,46 047
Peón	4,00	h-h	1,68	13,84	23,25 047
				Sub-total	42,43
<b>EQUIPOS Y HERRAMIENTAS</b>					
Camión plataforma 4X2, 122 HP, 8 Tn	0,25	h-m	0,11	164,59	18,10 049
Pluma de izaje	1	h-m	0,42	20,80	8,74 049
Teodolito	1,00	h-m	0,42	11,58	4,86 049
Herramientas % mano de obra		%	5,00	42,43	2,12 048
				Sub-total	33,82
<b>TOTAL</b>			<b>S/.</b>	<b>78,37</b>	

Elaboración: Propia

Tabla N° 3.13: APU para izaje de poste de 13/400 daN

Izaje, identificación y/o codificación, y señalización de poste de 13 m/400 daN (*)					
PARTIDA :	Un.				
UNIDAD :	18 Un/día				
RENDIMIENTO :	44,93% CALIFICADA 55,07% NO CALIFICADA				
PARTICIPACION DE LA MANO DE OBRA EN LOS COSTOS					
DESCRIPCION	Und.	Cantidad	P. Unitario S/.	Parcial S/.	Indice (INEI)
<b>MATERIALES</b>					
Material varios (estribo, soga, pintura, brochas, etc)	% MO	5,00	44,74	2,24	039
				Sub-total	2,24
<b>MANO DE OBRA</b>					
Capataz	0,50	h-h	0,22	23,87	5,25 047
Operario	1,00	h-h	0,44	18,36	8,08 047
Oficial	1,00	h-h	0,44	15,39	6,77 047
Peón	4,00	h-h	1,78	13,84	24,64 047
				Sub-total	44,74
<b>EQUIPOS Y HERRAMIENTAS</b>					
Camión plataforma 4X2, 122 HP, 8 Tn	0,25	h-m	0,11	164,59	18,10 049
Pluma de izaje	1	h-m	0,44	20,80	9,15 049
Teodolito	1,00	h-m	0,44	11,58	5,10 049
Herramientas % mano de obra	%		5,00	44,74	2,24 048
				Sub-total	34,59
<b>TOTAL</b>			<b>S/.</b>	<b>81,57</b>	

Elaboración: Propia

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 RESULTADOS

##### PRIMERA

Los resultados obtenidos de nuestra investigación al haber sometido a prueba a Postes de Poliéster Reforzado con fibra de Vidrio, y comparando con postes de concreto armado centrifugado, postes de madera y postes de metal, hemos podido hacer las comparaciones de los resultados y además podemos hacer las recomendaciones en cuanto a su vida útil de acuerdo a los ensayos obtenidos de las pruebas de los postes, y a continuación nos muestran los siguientes datos de los ensayos respectivos:

*Tabla N° 4.1: Cuadro de comparación entre estructuras*

FACTOR DE CALCULO	PRFV	CONCRETO	MADERA	METAL
Duración (años)	50 - 80	15 -25	10 - 20	20 - 30
Peso	mas liviano	pesado	intermedio	intermedio
Pre perforación	si	no	si	si
Costo de transporte	muy bajo	alto	bajo	medio
Resistencia a la corrosión	no aplica	posible	no aplica	altamente posible
Costo de Instalacion	menor de todos	alto	bajo	medio
Resistente a hongos, insectos	no aplica	no aplica	baja resistencia	no aplica
Costo de mantenimiento	ninguno	alto	alto	medio
Impacto ambiental	ninguno	no aplica	tratado/químicos	proceso/alvánico
Costo intangibles	bajo	alto	alto	alto
Resistencia del material	alta resistencia	media resistencia	baja resistencia	alta resistencia
Costo total del poste	alto	intermedio	mas alto de todos	intermedio

Fuente: (Imelec, Generales, 2008)

**SEGUNDA**

Al respecto los resultados nos indican que los postes de fibra de vidrio presentan un esfuerzo permisible de 8000 N, con una deformación de 257.21 cm, valores de esfuerzo tan solo superados por los postes de madera, sin embargo las características superficiales de los postes de fibra de vidrio resultan mucho mejores, por cuanto su capacidad de soportar de mejor manera las inclemencias del clima refuerzan nuestra hipótesis.

**CÁLCULO DE COMPROBACIÓN DE RESULTADOS CON VALORES DE ENSAYO DEL PRFV**

$$Y_{max} = \frac{PL^3}{3EI} \dots\dots\dots (4.1)$$

Donde:

P: Carga (kg)

L: Longitud (m)

E: Módulo de elasticidad (kg/m<sup>2</sup>)

I: Momento de Inercia (m<sup>4</sup>)  $I = \pi * r^4 / 4$

r: Radio de la base del Poste en la zona empotrada.

**CÁLCULO JUSTIFICATIVO CON DATOS DEL PROTOCOLO DE ENSAYO DEL PRFV**

P: 2000 N

L: 6,60 m (Valor de la Longitud de trabajo mecánico del PRFV)

E: 2,5 GPa

I: 0,0001192

Reemplazando en la ecuación 1.

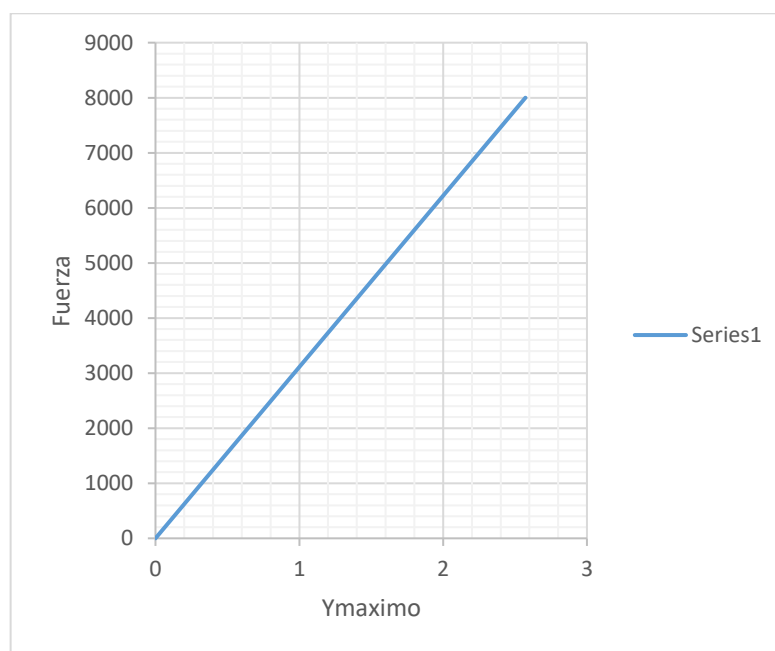
$Y_{max} = 0,64 \text{ m}$

Tabla N° 4.2: Cuadro fuerza - deformación

FUERZA (N)	DEFORMACION (m)
1000	0,321515
2000	0,643030
3000	0,964546
4000	1,286061
5000	1,607576
6000	1,929091
7000	2,250607
8000	2,572122

Elaboración: Propia

Figura N° 4.1: Gráfico fuerza deformación



Elaboración: Propia

Esfuerzos obtenidos:

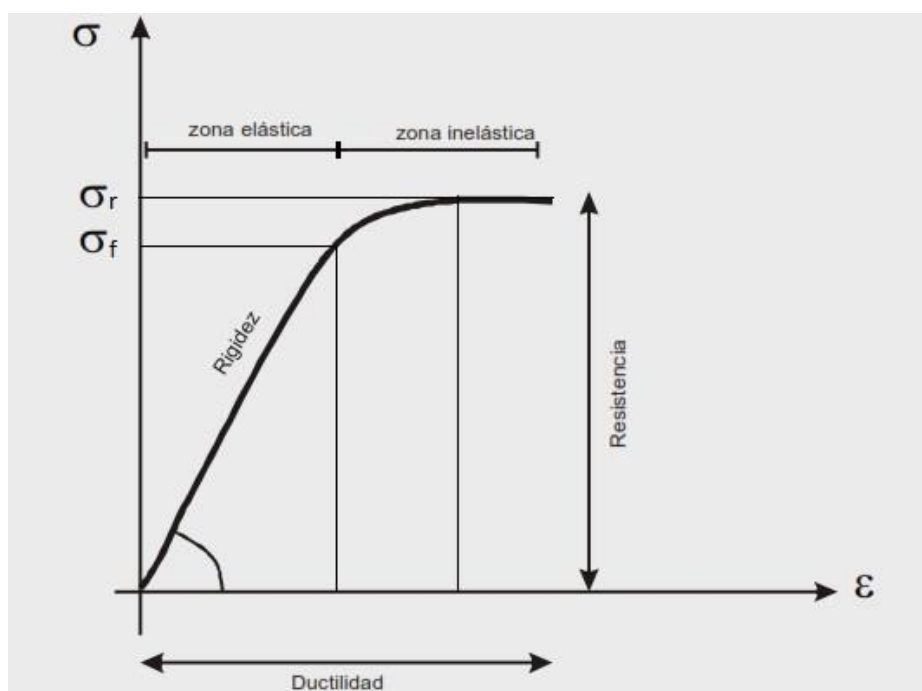
Esfuerzo de rotura :  $\sigma_r = 650 \text{ Mpa}$

Esfuerzo de flexión :  $\sigma_f = 110 \text{ Mpa}$

Esfuerzo de tracción :  $\sigma_t = 250 \text{ Mpa}$

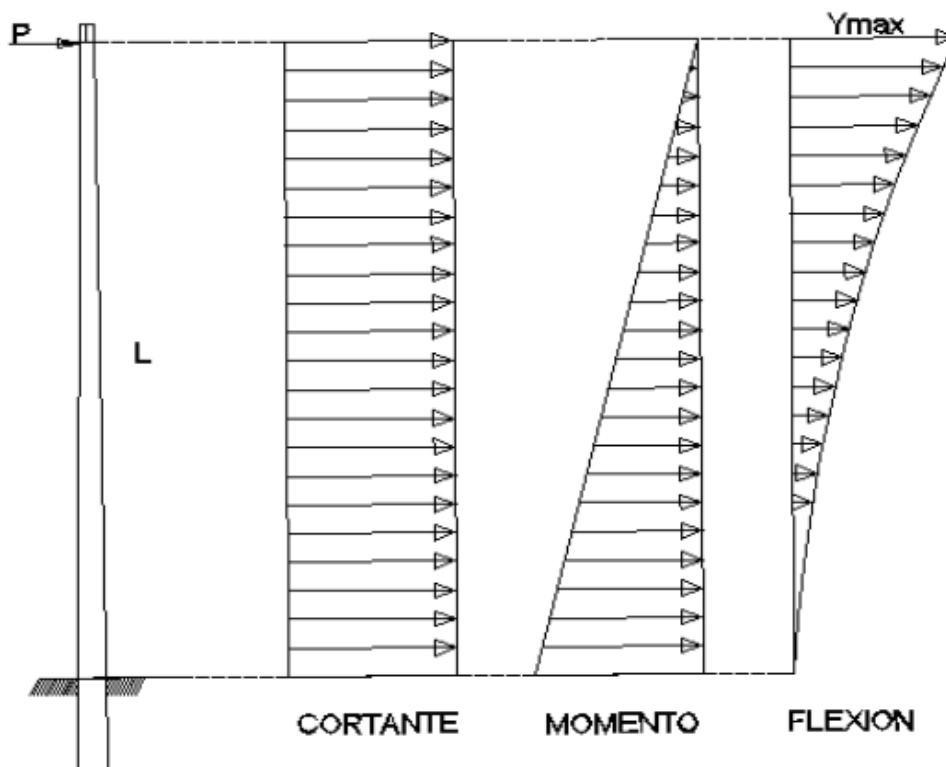
Longitud máxima :  $y_{max} = 2,57 \text{ m}$

Figura N° 4.2: Esfuerzo deformación



Elaboración: Propia

Figura N° 4.3: Fuerzas actuantes



Elaboración: Propia

**TERCERA**

En cuanto a los costos que influyen en los proyectos de electrificación tenemos los siguientes cuadros:

*Tabla N° 4.3: Comparación de costos unitarios de postes*

Descripción	C.A.C.	PRFV	% Variación
Poste de 8 m / 200 daN	425,5	743,4	-74,71
Poste de 9 m / 300 daN	585	1338,1	-128,74
Poste de 13 m / 300 daN	996,3	2230,3	-123,86
Poste de 13 m / 400 daN	1173,2	2527,63	-115,45

Elaboración: Propia

*Tabla N° 4.4: Comparación de APU transporte de postes*

Descripción	C.A.C.	PRFV	% Variación
Poste de 8 m / 200 daN	127,79	42,93	66,41
Poste de 9 m / 300 daN	295,45	54,82	81,45
Poste de 13 m / 300 daN	433,17	117,84	72,80
Poste de 13 m / 400 daN	463,61	125,44	72,94

Elaboración: Propia

*Tabla N° 4.5: Comparación de APU de izaje de postes*

Descripción	C.A.C.	PRFV	% Variación
Poste de 8 m / 200 daN	86,76	42,93	50,52
Poste de 9 m / 300 daN	115,97	54,82	52,73
Poste de 13 m / 300 daN	167,29	78,37	53,15
Poste de 13 m / 400 daN	184,27	81,57	55,73

Elaboración: Propia

**4.2 DISCUSIÓN**

Si bien, los costos de fabricación de postes de PRFV son altos, los costos de transporte e izaje de los mismos son bajos. Esto hace que el proyecto tengo un costo mayor.

El ministerio de energía y minas y la dirección general de electrificación rural aún está considerado en prueba estos postes de PRFV, puesto que en la implementación de los proyectos un poste CAC. de 12/200 daN es reemplazo con un postes de PRFV de 13/300 daN.

## CONCLUSIONES

### **PRIMERA:**

Se concluye que el método de fabricación por centrifugado de postes de fibra de vidrio es el que garantiza las mejores características de esfuerzos permisibles y características superficiales.

### **SEGUNDA:**

Se concluye que los esfuerzos permisibles de postes de fibra de vidrio elaborados con el método de centrifugado alcanzan valores superiores a los recomendados por el MEM.

Se concluye que los postes de fibra de vidrio elaborados con el método de centrifugado poseen características superficiales que garantizan una vida útil superior a los 50 años.

### **TERCERA:**

Los costos de producción de los postes de PRFV son altos.

El costo de un poste de PRFV es mayor al costo de un poste de CAC, e inversamente proporcional a los costos de transporte e izaje de los mismos.



## RECOMENDACIONES

### **PRIMERA:**

Se recomienda el uso de postes de fibra de vidrio cuando se va a trabajar con redes energizadas en media tensión y baja tensión sin sacar de servicio a la población por lo tanto el personal de maniobra solo aplicará seguridad personal.

### **SEGUNDA:**

Se recomienda el uso del poste de poliéster reforzado con fibra de vidrio.

### **TERCERA:**

Se recomienda los postes de PRFV en comparación con los demás postes, porque no es necesario hacer la excavación de tierra, para su fijación se puede hacer con espárragos y tuercas, que le permite la estabilidad por su peso menor.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adams Smith C.R. (2001). La riqueza de las naciones. España: Alianza Editorial.
- Baca Urbina G. (1995). “Evaluación de Proyectos”. México: Tercera Edición. Mc. Graw Hill.
- Equisplast. Empresa dedicada a la fabricación de postes de PRFV.  
<http://www.equisplast.com>.
- Promelsa (2017). Línea de postes de PRFV.  
[www.promelsa.com.pe/pdf/10001594.pdf](http://www.promelsa.com.pe/pdf/10001594.pdf).
- Aumek. Postes de fibra de vidrio PRFV.  
<https://aumek.com.br/poste-fibra-de-vidrio-prfv-e>.
- Adhorna. Diseño y estructuras productos en PRFV.  
[www.adhorna.es/es/productos-prfv/disenos-en-prfv](http://www.adhorna.es/es/productos-prfv/disenos-en-prfv).
- Postes de GRP/PRFV.  
<http://www.o-tek.com.ar/es/lineas-de-negocio-ar/postes-ar>.
- Megaplastic. Accesorios para tuberías de PRFV.  
<http://www.megaplasticsa.com.ar/productos/postes-de-prfv>.
- Parihuana (2018). “Método de fabricación por centrifugado de postes de fibra de vidrio para mejorar la calidad del rendimiento de instalaciones de redes secundarias de baja tensión”.  
<https://es.scribd.com/document/331444772/tesis-parihuana-RESPONDIDO>.
- Juan Villavivencio (2014). “Proyecto de inversión para la implementación de una planta de fabricación de postes de hormigón armado para sistemas de distribución eléctrica”.  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6873/1/UPS-CT003544.pdf>.

- Sergio Morales (2008). “Fibra de vidrio pruebas y aplicaciones”.  
<https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/4698/129.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Historia del Poliéster.  
[https://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lmnf/de\\_d\\_ac/capitulo3.pdf](https://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lmnf/de_d_ac/capitulo3.pdf).
- Nelson Rodríguez (2005). Diseño de estructura transformable por deformación de una malla plana.
- Jorge Salazar (2007). Resistencia de materiales para estudiantes de ingeniería. Universidad Nacional de Colombia.
- José Salinas (2014). “Diseño y construcción de una máquina, para la elaboración de postes de fibra de vidrio reforzado”.  
Universidad San Francisco de Ecuador.
- <https://metodologiasdelainvestigacion.wordpress.com/2012/03/07/introduccion-general-a-la-metodologia-de-la-investigacion>.
- Resolución Directoral N° 243-2015-MEN/DGER: ETS-LP-29.

## ANEXOS

### Anexo N° 1: Máquina para fabricación de postes de PRFV



**Anexo N° 2:** Poste terminado de PRFV



**Anexo N° 3:** Prueba de poste de PRFV





**Anexo N° 4:** Transporte de postes de PRFV



Anexo N° 5: Especificación técnica ETS-LP-29

MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS  
DIRECCIÓN GENERAL DE ELECTRICIDAD

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA ETS-LP 29

POSTES DE POLIESTER REFORZADO CON FIBRA  
DE VIDRIO



2015





**ESPECIFICACIÓN TÉCNICA ETS-LP-29**

**POSTES DE POLIÉSTER REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO**

**1. ALCANCE**

Estas especificaciones técnicas cubren las condiciones técnicas requeridas para la fabricación, pruebas y entrega de Postes de Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio (PRFV) para utilizarse en líneas y redes primarias y secundarias, para su aplicación en instalaciones eléctricas de Electrificación Rural.

**2. NORMAS APLICABLES**

Los postes de poliéster reforzado con fibra de vidrio cumplirán con las prescripciones de las siguientes normas, según versión vigente a la fecha de la convocatoria:

- ASTM D578: Standard Specification for Glass Fiber Strands.
- ASTM D4923-01: Standard Specification for Reinforced Thermosetting Plastic Poles
- ASTM D635-98: Standard Test Method for Rate of Burning and/or Extent and Time of Burning of Plastics in a Horizontal Position.
- ASTM D2583-07: Standard Test Method for Indentation Hardness of Rigid Plastics by Means of a Barcol Impressor.
- ASTM G154-06: Standard Practice for Operating Fluorescent Light Apparatus for UV Exposure of Nonmetallic Materials.
- ASTM D648-07: Standard Test Method for Deflection Temperature of Plastics Under Flexural Load in the Edgewise Position.
- ASTM D149-09: Standard Test Method for Dielectric Breakdown Voltage and Dielectric Strength of Solid Electrical Insulating Materials at Commercial Power Frequencies.
- ASTM D2996-01: Standard Specification for Filament-Wound "Fiberglass" (Glass-Fiber-Reinforced Thermosetting-Resin) Pipe.
- ASTM C582-09: Standard Specification for Contact-Molded Reinforced Thermosetting Plastic (RTP) Laminates for Corrosion Resistant Equipment.
- ASTM D790-10: Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials).
- ANSI C136.20 Norma de fabricación y ensayos.



Alternativamente se podrá aceptar postes de poliéster reforzado con fibra de vidrio, fabricados con otras normas, siempre y cuando aseguren una calidad superior a lo establecido, por lo que el fabricante deberá especificar que normas usarán, solicitando previamente por escrito, la introducción de dicho cambio y/o procedimiento, justificándolo técnicamente.

**3. CONDICIONES AMBIENTALES**

Los postes se instalarán en zonas con las siguientes condiciones ambientales:



- Altitud sobre nivel del mar : Hasta 4 500 m
- Humedad relativa : 50 a 95%
- Temperatura ambiente : - 15 °C a 40 °C
- Precipitación pluvial : Moderada a intensa

**4. CARACTERÍSTICAS DE LOS POSTES**

**4.1. Responsabilidad de la fabricación**

La responsabilidad de la fabricación será del proveedor o fabricante debiendo contar para este propósito con una experiencia mínima en el mercado de diez (10) años de experiencia en lo referido a la fabricación de estructuras para redes o líneas aéreas de distribución. Las características mínimas



que deben tener los postes de Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio, son las que se indican en las Tablas de Datos Técnicos Garantizados

**4.2. Resina**

Existen dos tipos de resinas:

La ortoftálica para la parte interna, cuyas características son:

- Poliéster insaturado basado en ácido ftálico.
- Resistencia mecánica.
- Estabilidad dimensional.

La isoftálica para el recubrimiento exterior, cuyas características son:

- Poliéster insaturado basado en ácido isoftálico.
- Con desempeño a la intemperie.
- Resistencia al contacto con agua salina, hidrólisis y exposición por ácidos y álcalis.
- Resistencia mecánica.

Postes fabricados totalmente en resina de poliéster insaturado, con aditivos para resistencia al fuego y propiedades auto extingüibles.

La calidad del compuesto PRFV está en función a la proporción de resina poliéster y la fibra de vidrio y un adecuado procedimiento de polimerización.

Por lo expuesto el fabricante deberá tener presente que:

- La absorción máxima de agua será < a 0,6%.
- La dureza BARCOL será > 32 unidades.
- La resistencia a rayos UV será > 720 horas.
- La temperatura de termo distorsión en el laminado >100°C.
- La rigidez dieléctrica será > 2 kV/mm.
- El envejecimiento acelerado es  $\Delta E < 5$ .

**4.3. Método de fabricación**

Método de Filament Winding u otro método que garanticen las características técnicas de los postes. Los postes se atenderán bajo la norma ASTM D4923-01 Standard Specification for Reinforced Thermosetting Plastic Poles, u otra norma, siempre y cuando aseguren una calidad superior a lo establecido.

**4.4. Acabado**

El acabado de los postes será uniforme, las aristas tendrán una apariencia neta, sin hendiduras, fisuras o rajaduras, mal formaciones ni resanes.

Para garantizar su desempeño en condiciones de intemperie y la estabilidad de propiedades a lo largo de su ciclo de vida, el poste deberá tener una piel que conste de:

- Velo de superficie clasificado como tipo C de acuerdo con la norma ASTM D578, impregnado con resina de poliéster insaturado.
- Top coat o recubrimiento a base de poliéster insaturado con aditivos para la protección UV, retardancia al fuego y color.

El color del acabado exterior podrá ser pigmentado en la resina o con pintura poliéster, el color base deberá ser gris RAL 7032.

**4.5. Agujeros**

Los agujeros en los postes de baja tensión deberán ser de Ø 20 mm y Ø 40 mm ubicados de acuerdo a las disposiciones indicadas por el cliente.

Los agujeros en los postes de media tensión deberán ser de Ø 22 mm y Ø 40 mm ubicados de acuerdo a las disposiciones indicadas por el cliente.

**4.6. Tapas**

En los postes de baja tensión, los extremos superior e inferior del poste deberán ser cubiertos con tapas en PRFV o material similar. Las cuales deben ir fijadas al poste.



En los postes de media tensión, de dos cuerpos, el extremo superior (cima) debe ser cubierto con una tapa de PRFV o material similar que irá fija al poste. Además debe proporcionarse una tapa para el extremo inferior (base) con un medio que permita su colocación.

**4.7. Rotulado**

Los postes llevarán ubicados, a las alturas indicadas según norma, el rotulado de alto relieve o pintado con pintura indeleble y de color negro. El orden del rotulado será como sigue:

- Marca del fabricante.
- Fecha de fabricación (mes y año).
- Longitud del poste (m).
- Carga de trabajo nominal (kg).
- Diámetro en la punta (mm).
- Nombre del propietario.

**4.8. Montaje postes de dos cuerpos:**

Los postes de media tensión de dos cuerpos, deberán ser construidos con el mismo tipo de conicidad.

De tal modo que cumplan las siguientes características:

- Debe permitir su fácil montaje en el lugar destinado para su instalación, sin ningún tipo de herramienta especial.
- Una vez montado los cuerpos deben contar con un seguro mecánico que no permita el desacople de los cuerpos y que impida un giro respecto a su posición de instalación, asimismo, se deberá garantizar que no exista fricción permanente entre las caras de acoplamiento que desgasten o dañen la resina.
- El transporte de los cuerpos debe permitir la inserción del cuerpo más delgado dentro del cuerpo de mayor diámetro.

**5. PRUEBAS**

**5.1 Pruebas de Aceptación**

Las pruebas de aceptación deberán ser efectuadas a cada uno de los lotes de postes a ser suministrados, con la participación de un representante del Propietario; caso contrario, deberá presentarse tres (03) juegos de certificados incluyendo los reportes de prueba satisfactorios emitidos por una entidad debidamente acreditada por el país de origen, la misma que formará parte de una terna de tres (03) entidades similares propuestas por el proveedor (antes de iniciar las pruebas), para la aprobación del propietario.

Las pruebas a efectuar serán las solicitadas por las normas del numeral 2.

Los instrumentos a utilizarse en las mediciones y pruebas deberán tener un certificado de calibración vigente expedido por un organismo de control autorizado.

El tamaño de la muestra y el nivel de inspección para las pruebas de aceptación será determinado según lo indicado en la Norma Técnica Peruana NTP-ISO 2859-1 2013: Procedimientos de muestreo para inspección por tributos, o su equivalente a la norma ISO 2859-1:2013; para el cual deberá considerarse un Plan de Muestreo Simple para Inspección General, con un Nivel de Calidad Aceptable (AQL) igual a 2,5.

Los certificados y reportes de prueba deberán ser redactados en idioma español o inglés. El costo para efectuar estas pruebas estará incluido en el precio cotizado por el Postor.

**5.2 Pruebas de recepción**

**5.2.1. Pruebas de esfuerzo nominal (Prueba de carga de trabajo):**

Los postes deben ser ensayados bajo el esquema indicado en la figura 1.





La línea de empotramiento es la determinada para la altura del poste:  $1/10H + 0,5$  m y la abrazadera circular se ubicará a 0,30 m de la cima del poste. Se toman los valores cada vez que se aplique el 10 % de la carga de rotura nominal.

La fuerza que se ejerce en la prueba es del 50 % de la carga de diseño, en la cual se verifica la flexión inferior al 10 %, debiendo recuperar su estabilidad una vez eliminada la carga.

Las condiciones a cumplir son:

- Deflexión elástica  $\leq 10\%$  de la longitud útil del poste.
- Deflexión permanente  $\leq 1\%$  de deflexión elástica

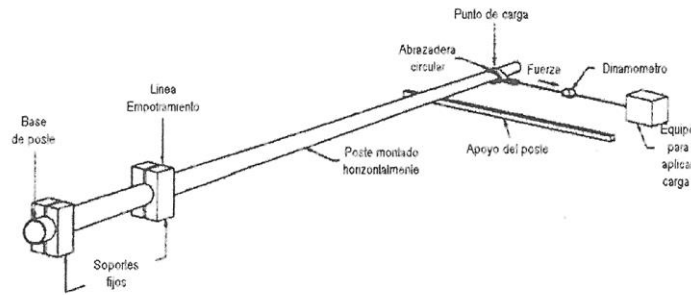


Figura N° 1.- Disposición para Prueba de carga nominal y rotura

**5.2.2. Pruebas de esfuerzo de rotura (Prueba de carga de rotura):**

Para las pruebas, se emplea el mismo esquema del punto 5.2.1.

La prueba de esfuerzo de ruptura se efectuará inmediatamente después de haber sometido al poste a la prueba de carga de trabajo. Se aplica una carga igual al 20% de la resistencia de diseño y se incrementa lentamente y de manera continua, anotando las cargas y deflexiones a intervalos iguales, hasta que se produzca la ruptura del poste. Entonces, se anota la carga que determinó la ruptura del poste y la deflexión máxima observada.

Esta prueba se considera satisfactoria si la carga de ruptura observada es igual o mayor que la resistencia de diseño especificada para el poste, multiplicada por el coeficiente de seguridad (2.0).



**5.2.3. Pruebas de Flexo torsión:**

Los postes deben ser ensayados bajo el esquema indicado en la figura 2.

La línea de empotramiento es la determinada para la altura del poste:  $1/10H + 0,5$  m y el conjunto abrazadera-ménsula se ubicará a 0,30 m de la cima del poste. La ménsula de acero tendrá una longitud de 0,60 m para los postes de BT y de 1,0 m para los postes de media tensión.

Las condiciones a cumplir son:

- Deflexión elástica al 40 %  $\leq 10\%$  de la longitud útil del postes.
- Deflexión permanente  $\leq 1\%$  de deflexión elástica.
- La carga de rotura debe ser igual o superior al 80 %.



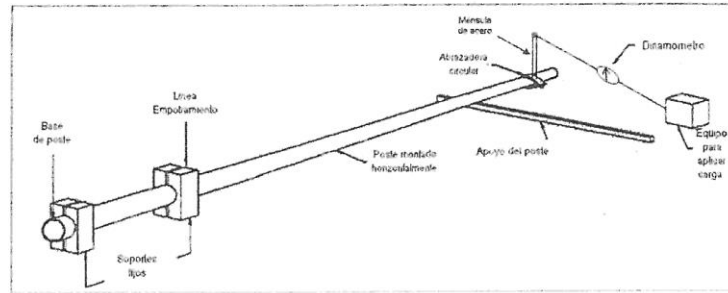


Figura N° 2.- Disposición para Prueba de flexo torsión

**5.3 Pruebas tipo**

- 5.3.1. Pruebas de envejecimiento prematuro (Rayos UV).
- 5.3.2. Pruebas de flexión a fatiga. (ASTM D4923).
- 5.3.3. Pruebas de absorción de agua (D570).
- 5.3.4. Pruebas de flamabilidad (ASTM D-635).
- 5.3.5. Pruebas de Cizalladura directa en el perno (ASCE 104).
- 5.3.6. Pruebas de torque en pernos de apriete (ASCE 104).
- 5.3.7. Pruebas de resistencia a rayos UV. (ASTM G-154)
- 5.3.8. Pruebas de Rigidez dieléctrica (ASTM D149).
- 5.3.9. Pruebas de Resistencia a la degradación por abrasión y absorción por humedad. (AAMA 615).

**6. MANIPULEO Y TRANSPORTE**

El fabricante preverá las condiciones óptimas de manipuleo y transporte de los postes, a fin de evitar deterioros durante su traslado desde la fábrica hasta los almacenes del propietario. Los postes de dos cuerpos deben permitir la inserción de un cuerpo dentro del otro para una optimización del espacio en el transporte.



**7. GARANTIA TÉCNICA**

Los postes de poliéster reforzado con fibra de vidrio estarán garantizados contra defectos de fabricación por un periodo de cinco (5) años, además de las condiciones indicadas en el documento correspondiente de las bases. En particular, la garantía cubrirá la aparición de fisuras mayores a 0,1 mm, la degradación de la masa superficial de poliéster que conforma el poste. En tales casos, el postor efectuará la sustitución gratuita de dichos postes con entrega en los almacenes del propietario. La conformidad de esté acápite deberá presentarse en la oferta técnica.

**8. ALMACENAJE Y RECEPCIÓN DE SUMINISTROS**

El Postor deberá considerar que los suministros serán almacenados sobre un terreno compactado, a la intemperie, en ambientes fríos y rocosos.



Previamente a la salida de las instalaciones del fabricante, el proveedor deberá remitir los planos de embalaje y almacenaje de los suministros para revisión y aprobación del propietario; los planos deberán precisar las dimensiones del embalaje, la superficie mínima requerida para almacenaje, el máximo número de paletas a ser apiladas una sobre otra y, de ser el caso, las cantidad y características principales de los contenedores en los que serán transportados y la lista de empaque.



La recepción de los suministros se efectuará con la participación de un representante del proveedor, quién dispondrá del personal y los equipos necesarios para la descarga, inspección física y verificación de la cantidad de elementos a ser recepcionados. El costo de estas actividades estará incluido en el precio cotizado por el postor.

**9. INSPECCIÓN Y PRUEBAS EN FÁBRICA**

La inspección y pruebas en fábrica deberán ser efectuadas en presencia de un representante del propietario o una entidad debidamente acreditada que será propuesta por el proveedor para la aprobación del propietario. Los costos que demanden la inspección y pruebas deberán incluirse en el precio cotizado por el Postor.

El comprador tiene derecho a inspeccionar en cualquier momento, directamente o por intermedio de un representante, la calidad de los materiales y el proceso de los trabajos en la planta del fabricante. Si como resultado de las inspecciones o comprobaciones, algún material o parte se encontrara defectuoso o en desacuerdo con la Orden de Compra, los inspectores formularán por escrito las objeciones y fundamentos del caso.

La fabricación no proseguirá con las partes así afectadas, hasta que se llegue a un acuerdo escrito para este efecto.

**9.1. Pruebas**

Se consideran como principales, las pruebas “tipo” y las pruebas de aceptación.

**9.1.1. Pruebas “tipo”**

Tienen como finalidad, evaluar las cualidades generales y el diseño del poste prototipo representativo del producto que el oferente propone suministrar al propietario, y se harán bajo la responsabilidad del cliente, previa coordinación.

Constituyen pruebas “de tipo” las siguientes pruebas secuenciales realizadas de acuerdo a lo indicado en el protocolo adjunto:

- Inspección visual.
- Verificación de dimensiones.
- Verificación de ensayos físicos, mecánicos y eléctricos del material empleado.
- Verificación de la desviación axial.
- Prueba de carga sobre prototipo.
- Prueba de rotura sobre prototipo.
- Prueba de Torso Flexión sobre prototipo.
- Prueba de exposición a rayos UV (envejecimiento prematuro) sobre prototipo.
- Registro del diseño del poste (esquema de fabricación del poste).
- Flamabilidad.
- Absorción de Humedad.
- Termo deformación.

Las pruebas “de tipo” se efectuarán cuando el fabricante solicite la aceptación técnica de sus productos por parte del cliente o cuando cambien los materiales, diseño estructural y/o métodos de fabricación. En dichos casos el costo de materiales y de la ejecución de la prueba será por cuenta del fabricante.

**9.1.2. Pruebas de aceptación**

Las pruebas de aceptación tienen como finalidad, definir la aceptación de un lote cualquiera y se ejecutarán bajo las siguientes modalidades.

Constituyen pruebas de aceptación, las siguientes pruebas secuenciales:

- Inspección visual.
- Verificación de dimensiones.
- Verificación de la desviación axial.
- Ensayo de carga.
- Ensayo de rotura (sólo se efectuará a requerimiento específico del cliente).

Las pruebas de aceptación normalmente serán hechas en el lugar de fabricación, para ello el fabricante comunicará al comprador el programa correspondiente con la anticipación del caso.



**9.1.3. Datos de características técnicas**

La hoja de datos técnicos que a continuación se presenta, deberá llenarse completamente, firmarse, sellarse por el fabricante e incluirse en la oferta.

**10. INFORMACIÓN TÉCNICA REQUERIDA**

Las hojas de datos técnicos, deberán llenarse completamente y firmarse, para ser incluidos en su oferta.

El oferente deberá incluir la siguiente información técnica:

- Planos e información completa de cada producto ofertado, que incluirán datos sobre sus componentes, dimensiones, características de las materias primas, estructura, acabados y recomendaciones para el mantenimiento adecuado.
- Reporte de pruebas físicas, eléctricas y mecánicas del material empleado en la fabricación de los postes de acuerdo a las normas indicadas en el acápite 2 de la presente especificación.
- Protocolos de pruebas de carga de postes iguales o similares a los ofertados.

Adicionalmente se requiere la siguiente información técnica:

Postes para Redes Aéreas de Baja Tensión v/o Alumbrado Público

- Valores máximos del momento actuante en el poste de poliéster reforzado utilizado en redes de baja tensión y alumbrado público, que origine una flexión máxima en la cima del mismo, de 2,5% de su longitud útil. A tal efecto, deberá considerarse que el poste será instalado verticalmente y empotrado a 10% de su longitud total.
- Carga axial máxima F2 (Carga crítica), a la que puede someterse el poste utilizado en líneas aéreas instalado en forma vertical y con retenida.
- Diagramas de los momentos de inercia existentes a lo largo del poste ofertado, cálculo estructural.



Postes para Redes Aéreas de Media Tensión

- Carga axial máxima F2 (Carga crítica), a la que puede someterse el poste utilizado en líneas aéreas instalado en forma vertical y con retenida.
- Diagramas de los momentos de inercia existentes a lo largo del poste ofertado, cálculo estructural.

El costo de la documentación técnica solicitada estará incluido en el precio cotizado para los suministros y su ausencia será causal de descalificación.





TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS  
POSTES DE POLIÉSTER REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO

N°	CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	VALOR REQUERIDO	VALOR GARANTIZADO
1.0	<u>CARACTERÍSTICAS GENERALES</u> . Fabricante . País de procedencia . Normas de fabricación y pruebas			
	<u>MATERIAL Y FABRICACIÓN</u> . Resina	N°	Poliéster Reforzado con fibra de vidrio, pigmentada con protección UV	
2.0	Normas de fabricación y ensayos	---	ANSI C136.20 o similar	
	<u>CARACTERÍSTICAS DEL POSTE:</u> . Longitud Total . Carga de trabajo . Factor de seguridad . Diámetro en la punta . Diámetro en la base	m kg mm mm	9 - 10 - 11 - 12 - 13 200 - 400 2	
	. Espesor mínima de la pared del poste . Conicidad máxima	mm mm/m	15 - 20	
	. Proceso de fabricación		.....	
	. Deflexión estática (A la carga de trabajo)		≤ 10 % Longitud del poste	
	. Deflexión permanente		≤ 1 % Deflexión estática	
	. Absorción de agua (ASTM D570)	%	<0,6	
	. Resistencia rayos UV	Norma	ANSI C136.20, ASTM G154	
	. Ensayos de auto extinción	Norma	ASTM D635	



(\*) Obligatoriamente deberá consignarse el íntegro de la información solicitada, bajo causal de descalificación.

