

## Introducción

En base a las necesidades vistas por el Instituto de Investigaciones Eléctricas en transportar una mayor cantidad de carga en las líneas eléctricas, dando como resultado el requerimiento de torres de transmisión de mayor tamaño alrededor de 100 metros de altura, para evita las caídas de tensión y fugas; producto de dichas necesidades y en consecuencia de no existir en el mercado tales dimensiones de torres, se considero la posibilidad de ser construidas en el país; dando finalmente la necesidad de construir un campo de pruebas para dichas torres.

Para lo cual da inició con la primera etapa en la que se da a la tarea de la búsqueda de los datos y componentes necesarios, para observar la factibilidad de la construcción de un Campo de Pruebas a esto se le llama Bases d usuario y Bases de diseño, donde se hará referencia de todos los componentes necesarios y que estén dentro de las especificación y que también armonicen donde todos los equipos puedan trabajar en conjunto.

En el presente trabajo se desarrollaron las Bases de Usuario y de Diseño en el área de Mecánica y Control, donde se especifican los equipos a utilizar y sus características.

## **Justificación**

Las regulaciones en materia de construcción de líneas de transmisión de energía eléctrica en nuestro país establecen que para cada nuevo diseño de estructuras de soporte se efectúen pruebas de resistencia mecánica en un prototipo construido a escala natural.

Por las dimensiones de estas estructuras y la infraestructura necesaria para el desarrollo de las pruebas mecánicas en prototipo, éstas se efectúan en campos de prueba específicamente diseñados y equipados para ese fin.

En la actualidad, en nuestro país no se dispone de un campo de pruebas mecánicas para estructuras de soporte de líneas de transmisión de energía eléctrica. La demanda interna de este servicio se satisface recurriendo a campos de prueba en el extranjero.

Dada la demanda de este tipo de servicios a nivel mundial, el disponer de un campo de pruebas en México, brindaría una oportunidad de negocios. Este campo de pruebas podría, además, ser parte importante en el desarrollo de productos innovadores en el sector.

## **Objetivo**

Elaborar las bases de diseño y bases de usuario de los elementos mecánicos, de instrumentación y de control tanto de los sistemas como de las infraestructuras abajo indicadas:

1. Sistema de aplicación, medición y control de cargas a tensión.
2. Sistema de instrumentación, transmisión y proceso de datos para monitoreo local de la respuesta estructural.
3. Infraestructura para el resguardo y calibración de los instrumentos.
4. Infraestructura de las salas de control y oficinas con equipamiento básico para el desarrollo de actividades de ingeniería.

## **Actividades**

### ***I. Bases de Usuario***

En las bases de usuario se realizó la búsqueda generalizada de los componentes necesarios para cumplir con las necesidades y requerimientos del Campo de Pruebas. Sin ahondar en las especificaciones.

### **Aplicación de cargas**

Para la aplicación de cargas se contará principalmente con Malacates, Polipastos y Cables de acero. Para los Cables de acero se utilizarán de dos tipos (o para dos aplicaciones); uno es para los cables que van desde el Prototipo hasta el Polipasto, y el otro es el Cable que va en el Polipasto y Malacate.

Características de los Malacates y Polipastos:

- ✓ 25 piezas de 354 kN (36 Ton) para cargas transversales
- ✓ 14 piezas de 236 kN (24 Ton) para cargas longitudinales
- ✓ 14 piezas de 314 kN (32 Ton) para cargas verticales

Para los Cables que van desde el Prototipo hasta el Polipasto se utilizarán torones de 6x37 tipo IWRC.

Para los Cables que van en el Polipasto y Malacate se necesitarán de igual forma torones de 6x37 tipo IWRC.

### **Elementos de Sensado de Deformación y Posición.**

Para la acción de sensado de la deformación de las torres producidas se utilizará tecnología basada en Fibra Óptica, colocándola en alrededor de 40 puntos. También se utilizará sensores de aceleración y posición de 6 grados de libertad (GDL)

## Instrumentación

Para la medición de la carga, se contará con Celdas de carga; con las mismas características de los Malacates y Polipastos.

## Equipo complementario

Como equipo complementario se tienen los siguientes:

- **Grúa torre fija.** Para armar el Prototipo a probar y también como protección ante un colapso del Prototipo, se contará con una Grúa torre fija
- **Plumas.** Para los marcos de carga se contará con dos Plumas del tipo Grúa torre fija; estas para el transporte de personal a lo largo y ancho de los marcos
- **Jaulas.** Para la Grúa torre fija y para las dos Plumas de los marcos de carga se contará en total con tres Jaulas para el alojamiento del personal y accesorios
- **Montacargas.** Estos se utilizarán para el montaje de estructuras sobre la mesa auxiliar y para el transporte de cuerpos prearmados sobre las mesas de pruebas
- **Grúa tipo todo terreno.** De igual manera como el montacargas, se utilizará para el montaje de estructuras sobre la mesa auxiliar y para el transporte de cuerpos prearmados sobre las mesas de pruebas
- **Herrajes y dispositivos de ensamble.** Para cambios de dirección de los Cables se contará con Poleas giratorias. Así como también otros dispositivos para interconexiones entre equipos; como Grilletes, Ganchos, etc.

## II. Bases de Diseño

### Aplicación de cargas

**Polipastos.** Se utilizarán Polipastos de tipo factorial.

Especificaciones generales:

- ✓ Mínimo factor de diseño: 4
- ✓ Acero. Aclarando que aquí se hace solo la especificación de que sea - Acero- porque hay fabricaciones de plástico para las poleas. Y que por lo tanto el material caiga dentro de la especificación de los aceros
- ✓ Cojinetes de rodillo
- ✓ En su extremo con accesorio compatible para la sujeción del Cable y para la sujeción a la base donde estará anclado el Polipasto. Ejemplo: Pasteca con gancho giratorio

Especificaciones para las cargas transversales:

- ✓ 25 piezas de Polipastos
- ✓ Carga límite de trabajo: 354 kN (36 Ton)
- ✓ Cada pieza con 6 poleas móviles. En su totalidad, por pieza, se tendrían 12 poleas. Con la finalidad de tener una ganancia mecánica de 12

Especificaciones para las cargas longitudinales:

- ✓ 14 piezas de Polipastos
- ✓ Carga límite de trabajo: 236 kN (24 Ton)
- ✓ Cada pieza con 5 poleas móviles. En su totalidad, por pieza, se tendrían 10 poleas. Con la finalidad de tener una ganancia mecánica de 10

Especificaciones para las cargas verticales:

- ✓ 14 piezas de Polipastos
- ✓ Carga límite de trabajo: 314 kN (32 Ton)
- ✓ Cada pieza con 6 poleas móviles. En su totalidad, por pieza, se tendrían 12 poleas. Con la finalidad de tener una ganancia mecánica de 12

## Malacates.

Especificaciones generales:

- ✓ Mínimo factor de diseño: 4
- ✓ Tambor: acanalado
- ✓ Capacidad del tambor: 250 m
- ✓ Velocidad mínima de enrollado: 0.067 m/s
- ✓ Reversibles
- ✓ Cumpla con la norma ANSI/ASME B30.7

Especificaciones para las Cargas transversales:

- ✓ 25 piezas de Malacates
- ✓ Carga límite de trabajo: 30 kN (3 Ton)
- ✓ Diámetro del tambor no menor a 0.550 m
- ✓ Su base debe permitir que el malacate, reductora y servomotor tengan un giro de 30°

Especificaciones para las Cargas longitudinales:

- ✓ 14 piezas de Malacates
- ✓ Carga límite de trabajo: 20 kN (2 Ton)
- ✓ Diámetro del tambor no menor a 0.449 m
- ✓ Diámetro mínimo del cable: 0.013 m

Especificaciones para las Cargas verticales:

- ✓ 14 piezas de Malacates
- ✓ Carga límite de trabajo: 27 kN (2.7 Ton)
- ✓ Diámetro del tambor no menor a 0.519 m
- ✓ Diámetro mínimo del cable: 0.016 m



Como parte integral del diseño del malacate para tener un correcto enrollamiento del cable se recomienda un ángulo de desviación. Este ángulo de desviación es el ángulo entre dos líneas; la primera línea sería del centro de una polea fija al centro del tambor (perpendicular al eje del tambor). La segunda línea sería del centro de una polea fija a los rebordes (o extremos) del tambor. Se recomienda que este ángulo sea de  $\frac{1}{2}^\circ$  como mínimo, y  $2^\circ$  como máximo. Que siguiendo esta recomendación del ángulo de desviación por consiguiente se tendrá que tomar en cuenta la distancia mínima y máxima entre la polea fija y el tambor. Ver Figura 2.

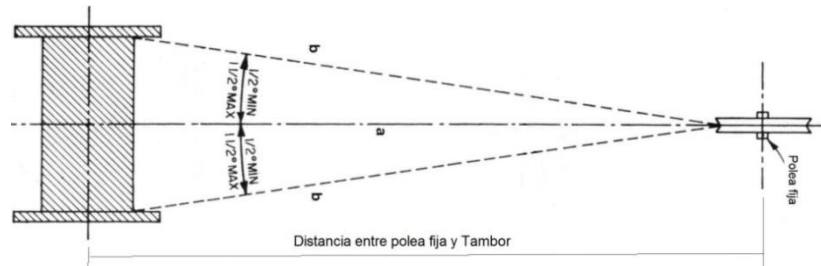


Figura 2

**Cables de acero.** Van a ser dos tipos de cables; uno para el Malacate y por consiguiente para el Polipasto, y otro que va del Prototipo hasta el Polipasto.

#### **Cables del Malacate-Polipasto.**

Especificaciones generales:

- ✓ Coeficiente de seguridad no menor a 5
- ✓ Tipo: 6x37, IWRC, EIP
- ✓ Diámetro mínimo del cable: 0.016 m
- ✓ Longitud mínima: 230 m

#### **Cables del Prototipo al Polipasto.**

Especificaciones generales:

- ✓ Tipo: 6x37, IWRC, EIP
- ✓ Mínimo factor de diseño: 2

Especificaciones para las Cargas transversales:

- ✓ 25 piezas de Cables
- ✓ Carga límite de trabajo: 354 kN (36 Ton)
- ✓ Diámetro mínimo: 0.035 m
- ✓ Longitud mínima: 400 m

Especificaciones para las Cargas longitudinales:

- ✓ 14 piezas de Cables
- ✓ Carga límite de trabajo: 236 kN (24 Ton)
- ✓ Diámetro mínimo: 0.029 m
- ✓ Longitud mínima: 250 m

Especificaciones para las Cargas verticales:

- ✓ 14 piezas de Cables
- ✓ Carga límite de trabajo: 314 kN (32 Ton)
- ✓ Diámetro mínimo: 0.032 m
- ✓ Longitud mínima: 110 m

Notas: Como estos cables en sus extremos pueden traer diferentes accesorios para su acoplamiento tanto para el Prototipo, para las Celdas de carga y para el Polipasto; se pide que por lo menos tengan también un mínimo factor de diseño de 2.

Para seleccionar los cables que van del Prototipo hasta el Polipasto se recomienda que se tome como algo integral: el Cable, la Celda de carga y el Polipasto. Con la finalidad de que se tenga un acoplamiento coherente y eficiente entre todos ellos.

## **Instrumentación**

### **Celdas de carga.**

Especificaciones generales:

- ✓ Mínimo factor de diseño: 2
- ✓ Señal: a través de telemetría
- ✓ Rango de transmisión: no inferior a 170 m
- ✓ Inmune a interferencias electromecánicas
- ✓ Soporte por lo menos un rango de temperatura de trabajo de: -10°C a 50°C
- ✓ Cumpla por lo menos la protección según la IEC 60529: IP65
- ✓ Tamaño lo suficientemente pequeño y de menor masa (no mayor a 25 kg) para un mejor manejo
- ✓ Alimentación eléctrica mediante baterías. La duración de las baterías no inferior a 700 horas de uso continuo.
- ✓ Geometría conveniente y congruente para la compatibilidad de ensamble con el cable; por ejemplo: compatibilidad para grilletes o ganchos



Especificaciones para las Cargas transversales:

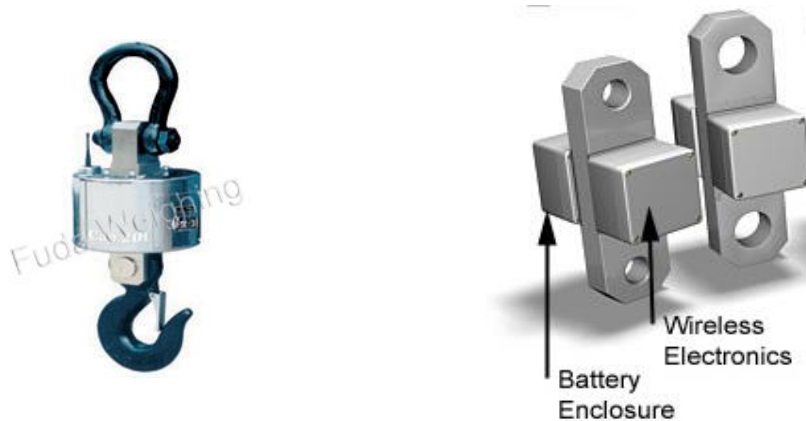
- ✓ 25 piezas de Celdas
- ✓ Carga límite de trabajo: 354 kN (36 Ton)

Especificaciones para las Cargas longitudinales:

- ✓ 14 piezas de Celdas
- ✓ Carga límite de trabajo: 236 kN (24 Ton)

Especificaciones de las Celdas de carga para las Cargas verticales:

- ✓ 14 piezas de Celdas
- ✓ Carga límite de trabajo: 314 kN (32 Ton)



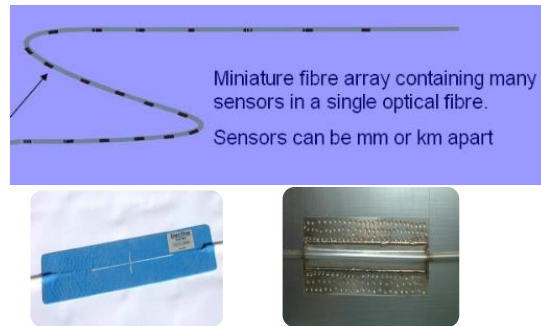
Como parte de las Celdas de carga, se incluye el **Receptor de las celdas de carga**.

Especificaciones del Receptor de las celdas de carga:

- ✓ 1 pieza
- ✓ Capacidad para comunicarse individualmente con las celdas. Sin interferencia entre ellas.
- ✓ Salida tipo RS232, RS485 o Ethernet para computadora o PLC
- ✓ Rango de transmisión/recepción: no inferior a 170 m
- ✓ Inmune a interferencias electromecánicas
- ✓ Soporte por lo menos un rango de temperatura de trabajo de: -10°C a 50°C

## Elemento de Sensado de Deformación

Los elementos de sensado de deformación deberán basarse en tecnología de fibra óptica permitiendo la medición simultánea de al menos 40 puntos por cada lado de la estructura bajo prueba (80 en total). Con este tipo de deformímetros se conocerá en tiempo real la deformación al que estén siendo sometidos algunos de los elementos de la estructura de soporte durante la prueba. La transmisión de la información hasta el cuarto de control, también será mediante fibra óptica y el receptor deberá contar con comunicación Ethernet para interconexión con la computadora central.



## Sensores de posición y aceleración de 6 Grados de Libertad (G.D.L.):

Los sensores de 6 G.D.L. proveerán los desplazamientos longitudinales y angulares en los ejes X, Y y Z en los puntos de instalación sobre la estructura de soporte de líneas de transmisión. Adicionalmente este tipo de sensores proveerán una medición de vibración (aceleración) de la estructura en los puntos en los que fueron instalados. Los sensores de 6 G.D.L. podrán ser alimentados eléctricamente mediante cable o baterías.

## Equipo complementario

### Grúa torre fija.

Especificaciones:

- ✓ 1 pieza
- ✓ Altura mínima bajo el gancho de 125 m
- ✓ Brazo móvil a 360°
- ✓ Alcance mínimo del gancho de 40 m
- ✓ Capacidad mínima de carga en punta de: 177 kN (18 Ton)

## **Plumas.**

Especificaciones para la Pluma del marco de cargas transversales:

- ✓ 1 pieza
- ✓ Alcance del gancho de 27 m
- ✓ Capacidad mínima del gancho en punta de 19.61 kN (2 Ton)

Especificaciones para la Pluma del marco de cargas longitudinales:

- ✓ 1 pieza
- ✓ Alcance del gancho de 3 m
- ✓ Capacidad mínima del gancho en punta de 19.61 kN (2 Ton)

## **Jaulas.**

Especificaciones:

- ✓ 3 piezas. Una para la Pluma del marco de cargas transversales, otra para el marco de cargas longitudinales y otra para la Grúa torre fija
- ✓ Capacidad mínima de carga de 14 kN (1.4 Ton)
- ✓ Dimensiones mínimas: Largo: 1.3 m; Ancho: 1.3 m; Altura: 2.2 m
- ✓ Piso: de material no resbaloso
- ✓ Pintura: de gran durabilidad
- ✓ Anclas para los cinturones de seguridad o arneses del personal

## **Montacargas.**

Especificaciones:

- ✓ 2 piezas
- ✓ Capacidad mínima de 49 kN (5 Ton)
- ✓ Altura mínima de mástil: 5 m
- ✓ Llantas neumáticas
- ✓ Dirección hidráulica

## **Grúa tipo todo terreno.**

Especificaciones:

- ✓ 1 pieza
- ✓ Altura mínima bajo el gancho de 10 m
- ✓ Largo mínimo del brazo de la grúa de 4 m
- ✓ Capacidad mínima de carga de 68 kN (6.9 Ton)

## **Herrajes y dispositivos de ensamble.**

### **Especificaciones generales de las Poleas de cambio de dirección:**

- ✓ Mínimo factor de diseño: 2
- ✓ Acero. Aclarando que aquí se hace solo la especificación de que sea - Acero- porque hay fabricaciones de plástico. Y que por lo tanto con que el material caiga dentro de la especificación de los aceros
- ✓ El tamaño del diámetro de la polea debe tener una relación mayor de 15:1 con respecto al diámetro del cable
- ✓ Con rodamientos

### **Especificaciones de las Poleas de cambio de dirección para las cargas transversales:**

- ✓ Carga límite de trabajo: 354 kN (36 Ton)
- ✓ Diámetro mínimo: 0.525 m

### **Especificaciones de las Poleas de cambio de dirección para las cargas longitudinales:**

- ✓ Carga límite de trabajo: 236 kN (24 Ton)
- ✓ Diámetro mínimo: 0.435 m

Especificaciones de las **Poleas de cambio de dirección** para las cargas verticales:

- ✓ Carga límite de trabajo: 314 kN (32 Ton)
- ✓ Diámetro mínimo: 0.480 m

	
<p>Grapas</p>	<p>Poleas giratorias</p>
	 <p>4 grillete</p>
<p>Eslingas</p>	<p>Grilletes u Horquillas</p>
 <p>6 gancho giratorio</p>	
<p>Ganchos giratorios</p>	<p>Polipastos</p>

## CONCLUSION

En el presente trabajo se mostro la necesidad de hacer un estudio adecuado de todos los componentes y sistemas de control, para la realización de un proyecto; mas aun con la magnitud de este proyecto.

Por esta razón, se puede concluir que es de suma importancia realizar los paso adecuados en la generación de un proyecto; primero con la búsqueda y documentación generalizada de todos los componentes que existan y que se encuentren dentro de los requerimientos; llamando a esto “Bases de Usuario”.

En secuencia, se realiza la selección de los componentes más adecuados de acuerdo a las especificaciones y a la tecnología que nos pueden ofrecer, así, asentando los componentes a utilizar; llamando a esto “Base de Diseño” Y en consecuencia el costeo de dichos componentes.

Todo lo anterior da como resultado la perfecta selección de los componentes y dispositivos a utilizar dando así una armonización de los equipos, dispositivos y sistemas. Con todo esto, se puede observar la factibilidad de elaboración de un proyecto.

De manera personal, puedo concluir que es de suma importancia, el trabajo en equipo; ya que la realización de un proyecto como este, se necesita la colaboración de diferentes personas, quienes tienes que trabajar en armonía para que los resultados sean los óptimos y no existan direferencias.

## Bibliografía

Malacates

[www.team-twg.com](http://www.team-twg.com).

Cables

[www.iph.com.ar](http://www.iph.com.ar)

[http://www.csbeaver.com/cable\\_00.html](http://www.csbeaver.com/cable_00.html)

<http://www.incamet.com.ar/Home.htm>

Sensores de Deformación

[www.smartfibres.com](http://www.smartfibres.com)

[www.insensys.com](http://www.insensys.com)

Manual del Ingeniero Mecánico

Marks Mc Graw Hill