



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Diseño de Bus Colector en
media tensión; La Bufa Wind
Farm, Zacatecas**

INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

Que para obtener el título de
Ingeniero Eléctrico Electrónico

P R E S E N T A

Luis Alberto Sánchez Gutiérrez

ASESOR DE INFORME

M.I. Iván Urzúa Rosas



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2017

Contenido

INTRODUCCIÓN.	3
OBJETIVO.	4
OBJETIVOS PARTICULARES.....	4
DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.	5
ANTECEDENTES.	6
LA BUFA WIND FARM, ZACATECAS.	6
DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y CONTEXTO DE PARTICIPACIÓN PROFESIONAL	7
PROGRAMA DE CÁLCULO.	10
DATOS DE PARTIDA.	10
CÁLCULO DE MT.	11
RESUMEN MT.....	12
RESUMEN PÉRDIDAS DE POTENCIA.	13
ESTRUCTURAS DEL BUS COLECTOR.	15
CUANTIFICACIÓN DE ESTRUCTURAS Y HERRAJES.....	17
TRANSICIONES, ZANJAS Y CRUCES DE CAMINOS.	19
DIAGRAMAS UNIFILARES	23
CONCLUSIONES	24
ANEXOS.	25

Introducción.

Desde la antigüedad, la obtención de energía se ha basado en los recursos naturales para su explotación y aprovechamiento humano, desde calentar un hogar con la quema de leña, pasando por la quema de carbón para movimiento de máquinas en la revolución industrial y hasta la extracción y derivación del petróleo para su uso en distintas formas de transformación de la energía, todo poco a poco ha ido agotando las fuentes de obtención de energía al punto en el que un día pasarán a ser prácticamente obsoletas.

En la actualidad, no cabe duda que el petróleo es más costoso debido a que se ha complicado su extracción, transportación, refinación y distribución, sobre todo en nuestro país; sumado a esto no hay que olvidar que la utilización de combustibles fósiles acarrea problemas de contaminación natural y que deterioran el estado natural del entorno.

Las necesidades de consumo de energía están mejor ilustradas mediante la demanda de electricidad, un “invento” del siglo XIX. La vida como la conocemos hoy en día sería impensable sin la necesidad de consumo de electricidad con sus innumerables aplicaciones, mayormente enfocadas a la industria, y el transporte. El consumo de energía es un factor clave en el progreso de la sociedad; la población crece día con día, la demanda de energía crece, el consumismo crece, la producción crece.

Dado que las fuentes de energía fósil y nucleares son finitas, se llegaría a un punto en el que la demanda de combustibles no sea la suficiente para abastecer a la sociedad. Debido a éstas demandas, fue necesario buscar la obtención de energía eléctrica a través de otras fuentes, menos contaminantes y que además puedan aprovecharse de mejor manera. El término energías alternativas se acuñó durante la década del año 1970 y describía la posibilidad de explotar energías distintas a las tradicionalmente utilizadas hasta esos años. La búsqueda de energías renovables en un principio no buscaban ayudar al medio ambiente, sino como una necesidad de abandonar la obtención de energías sin la necesidad de quema de combustibles.

Las energías renovables se dividieron en contaminantes y no contaminantes, destacando entre ellas el aprovechamiento de la energía producida por el viento (energía eólica), el sol (energía solar o fotovoltaica), el calor emanado por la tierra (energía geotérmica), el movimiento de los cuerpos de agua (energía hidráulica y mareomotriz), de materia orgánica (biomasas y biocombustibles) y algunas otras derivadas de las mismas. La investigación a través de los años se ha encargado de diseñar y desarrollar nuevos y mejores dispositivos para el aprovechamiento de todas éstas energías presentes en el entorno.

Dentro de éste informe me enfocaré a la energía eólica que es parte del proyecto desarrollado. La energía eólica es la energía obtenida a partir del viento; la raíz de la palabra eólica proviene del latín *aeolicus* y que pertenece al dios del viento de la mitología griega “*Eolos*”. Las corrientes de aire poseen energía cinética capaz de transmitirse a las superficies con las que entra en contacto. Su primer aprovechamiento no es tan actual como podría pensarse, antiguamente el viento era utilizado en los molinos de viento para realizar una tarea mecánica que llegó a sustituir a la energía proporcionada por animales domesticados en los molinos manuales y animales. Los primeros molinos de viento aparecieron en Francia cerca del siglo XIV y se extendieron por Europa. Utilizados para la molienda de granos, eran conformados por una torre de piedra que en la parte más alta soportaban una estructura rotativa para paletas de madera y telas que hacían girar un eje vertical a través de un sistema de engranes hasta la base de la estructura. En Norteamérica, los molinos evolucionaron de la molienda al bombeo de pozos de agua, utilizados en su mayoría para la agricultura y ganadería.

La energía eólica no emite sustancias tóxicas ni contaminantes al aire, no genera residuos ni contaminación de aguas; es inagotable, tienen huella de consumo de agua muy bajo y es clave en la preservación de recursos hídricos.

En la actualidad, el aprovechamiento de la energía proveniente del viento se aprovecha mediante las turbinas eólicas que fueron evolucionando en desarrollo e investigación en la década del año 1980. Día con día continúan evolucionando debido a la creciente demanda de turbinas eólicas y por ende, el crecimiento de fabricantes de las mismas.

Un aerogenerador funciona igual que el molino de viento antiguo, compuesto por el rotor que soporta dos o tres palas/aspas fabricadas de polímeros y con refuerzos de fibra de vidrio y fibra de carbono para una mayor resistencia; la góndola que se encarga de contener el generador y el sistema de engranes que conectan al rotor y transmitir la energía; la caja de engranes (gearbox) se encarga de multiplicar las rotaciones del rotor para tener suficiente rotación; el generador que compuesto por bobinas e imanes transforma la energía eólica a eléctrica; y la torre del aerogenerador fabricada en acero o concreto armado y normalmente hueca en su interior que sirve de estructura de soporte de la góndola y el rotor con las aspas, es utilizada para el montaje de la turbina por su interior, la bajada de cableados, contención de transformador elevador (en caso de ser necesario) y un motor de protección para hacer girar el aerogenerador en sentido favorable al viento en caso de ser necesario; un sistema de control automatizado conformado por un computador que obtiene datos del viento mediante una veleta colocada sobre la góndola y se encuentra interconectado con un servidor centralizado de manera remota.

La energía eólica suministra actualmente más del 3% del consumo de electricidad mundial con la capacidad instalada de 433[GW] y se estima que supere el 5% para el 2020. A un plazo mayor (año 2040), la Agencia Internacional de la Energía prevé que la energía eólica pueda cubrir el 9% de la energía eléctrica mundial.¹

Actualmente, México cuenta con 31 parques eólicos en operación, generando cerca de 3.1[GW] de energía. Los estados que más energía eólica generan actualmente son: Oaxaca con 5.5[GW]; Tamaulipas con 1.35[GW]; Coahuila con 1.08[GW]; Nuevo León con 642 [MW] y Jalisco con 399 [MW].²

Debido al gran potencial eólico de México se estima, para el periodo de 2020 a 2022, un crecimiento de 15[GW] instalados, atrayendo inversiones superiores a 12,000 mdd. En 2014, el país atrajo 2,100 mdd de inversión en energías renovables, 40% más que en 2013. Esto sitúa a México por arriba de otras economías emergentes como Indonesia, Turquía, Chile y Kenia. En México, más de 200 empresas obtienen la totalidad de su consumo eléctrico a través de parque eólicos, dándole un precio competitivo a ésta modalidad de energía. Se cuenta con un potencial eólico a nivel nacional de más de 50 [GW] eólicos y se requieren utilizar tan sólo alrededor de 17 [GW] para alcanzar el objetivo económico de generar 35% de energía eléctrica a nivel nacional con tecnologías limpias para el año 2024, dejando un amplio espacio para otras tecnologías limpias.³

Objetivo.

El presente informe tiene como propósito principal el detallar los elementos que se tomaron en cuenta para el diseño de un Bus Colector en media tensión para el parque eólico La Bufa wind farm, tomando los componentes principales y desarrollando los cálculos que lleven al correcto funcionamiento de la instalación.

Objetivos Particulares

Generar los documentos técnicos base para el montaje e instalación de los elementos que conforman el Bus Colector.

Especificar, cuantificar y coordinar las cantidades de materiales y dar seguimiento a la compra de los mismos para su correcto envío a obra.

Generar los documentos técnicos que servirán como base para el personal encargado de operar, dar mantenimiento y desarrollar futuras ampliaciones de la instalación.

¹ Energías Renovables 2016, reporte de la situación Mundial, Renewable Energy Policy Network for the 21st century (REN21).

² Con base en datos de la AMDEE, Asociación Mexicana de Energía Eólica, 2016.

³ El potencial eólico mexicano: oportunidades y retos en el nuevo sector eléctrico, AMDEE, 2016.

Descripción de la empresa.

SESELEC (Servicios & Soluciones Electromecánicas S.A. de C.V.) es una empresa mexicana que inició sus actividades en 1979 bajo el nombre de CEGELEC como filial del grupo francés ALSTOM.

SESELEC es una empresa enfocada en proyectos EPC (Engineering Procurement and Construction) competente en el sector Eléctrico industrial y de Infraestructura en México y el extranjero para el sector público y privado, con proyectos a lo largo de todo el país y con presencia en Latinoamérica en países como Cuba, Nicaragua, Chile y Panamá.

La misión de la empresa: Realizar eficientemente proyectos EPC dentro de nuestras áreas de competencia para los sectores Eléctrico, Industrial y de Infraestructura en México y en el extranjero; satisfaciendo los requerimientos propios de cada uno de nuestros clientes con soluciones y servicios de alta calidad que cumplan con las normas y superen sus expectativas con base a los compromisos adquiridos; aportando una rentabilidad sostenible a nuestros accionistas, y a nuestros colaboradores la oportunidad de un desarrollo y crecimiento continuo.

En la actualidad, SESELEC se encuentra en proceso de certificación ISO-9001, centrando sus procesos de diseño y construcción en un sistema de calidad que respeta la normativa vigente manteniendo el compromiso con sus clientes para la mejora en tiempos de entrega, elaborando proyectos en el menor tiempo posible para el beneficio de clientes y sociedad.

Actualmente, la estructura de la empresa es la siguiente:

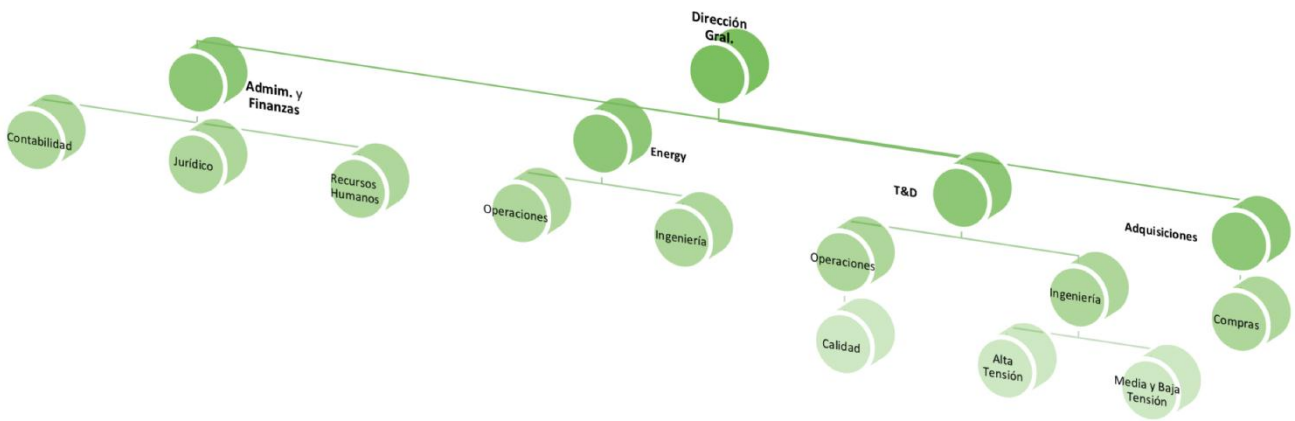


Imagen 1. Estructura organizacional, SESELEC.

Dentro de la organización me desempeñé como Ingeniero de Proyectos en el departamento de Ingeniería de Media y Baja Tensión del Área de T&D (Transmisión y Distribución), encargada de elaborar la ingeniería de los proyectos ejecutivos, aplicando la normativa vigente.

Las actividades correspondientes a las del Ingeniero de Diseño dentro de SESELEC (y que son en las que me desempeñé) consisten en el diseño de instalaciones en Media y Baja Tensión para subestaciones elevadoras y de switcheo con CFE, instalaciones para el sector industrial privado, instalaciones en media y baja tensión para BOP's (Balance of Plant) que son los edificios encargados de los sistemas auxiliares para centrales de ciclo combinado.

Dentro de éste diseño se consideró siempre la ingeniería básica para conseguir visualizar el alcance y costo de los proyectos a ofertar en un inicio, proyectando los equipos mayores del proyecto, trincheras, cableados, canalizaciones, accesorios, sistemas de tierras, alumbrados, herrajes, aisladores y misceláneos de instalación plasmados en listados de materiales y equipos que el área comercial se encarga de cotizar para la oferta final presentada al cliente. Para el desarrollo de proyectos ejecutivos tomaba toda ésta información como base dicha ingeniería básica, previamente elaborada por el

mismo departamento, ajustando los cálculos y especificaciones detalladas de equipos para construcción, instalación y puesta en servicio de los proyectos generados.

En el departamento técnico, dimensioné transformadores para servicios auxiliares, bancos de baterías y cargadores, CCM's (Centro de Control de Motores), canalizaciones (charolas y tuberías), trincheras y galerías; diseñé buses colectores en media tensión en instalación aérea y subterránea; calculé sistemas de protección catódica, alimentadores en media y baja tensión para los servicios auxiliares, dibujé detalles de instalación para todos los diseños que desarrollé en los distintos proyectos, supervisando su correcta implementación en obra. Como trabajo en campo, realicé visitas a proyecto para realizar levantamientos físicos, supervisión de instalaciones, reuniones y juntas aclaratorias con clientes.

Antecedentes.

La generación de energía eléctrica inició en México a fines del siglo XIX. La primera planta generadora que se instaló en el país (1879) estuvo en León, Guanajuato, y era utilizada por la fábrica textil "La Americana". Casi inmediatamente se extendió ésta forma de generar electricidad dentro de la producción minera y, marginalmente, para la iluminación residencial y pública.

El gobierno federal creó, el 14 de agosto de 1937, la Comisión Federal de Electricidad (CFE), que tendría por objeto organizar y dirigir un sistema nacional de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, basado en principios técnicos y económicos, sin propósitos de lucro y con la finalidad de obtener con un costo mínimo, el mayor rendimiento posible en beneficio de los intereses generales.

La CFE comenzó a construir plantas generadoras y ampliar las redes de transmisión y distribución, beneficiando a más mexicanos al posibilitar el bombeo de agua de riego y la molienda, así como mayor alumbrado público y electrificación de comunidades.

Los primeros proyectos de generación de energía eléctrica de CFE se realizaron en Teloloapan (Guerrero), Pátzcuaro (Michoacán), Suchiate y Xía (Oaxaca), y Ures y Altar (Sonora).

A partir de los años 60 se comenzó a integrar el Sistema Eléctrico Nacional, extendiendo la cobertura del suministro y acelerando la industrialización. El Estado mexicano adquirió los bienes e instalaciones de las compañías privadas, las cuales operaban con serias deficiencias por la falta de inversión y los problemas laborales.

Desde de Octubre de 2009, CFE es la encargada de brindar el servicio eléctrico en todo el país.⁴

El primer parque eólico en funcionamiento en México se inauguró en Juchitán de Zaragoza, Oaxaca en 1994 con el parque eólico "La Venta I", con una capacidad de 1.5[MW]; actualmente el complejo de la venta suma dos parques más (La Venta II y La Venta III), sumando al complejo eólico Oaxaca I, II y III en la ventosa, colocándolos como la mayor instalación eólica en Latinoamérica.⁵

LA BUFA WIND FARM, Zacatecas.

México Power Group (MPG), compañía mexicana fundada en 1979 y enfocada a proyectos de energía sustentable, surtirá 180[MW] de energía a las plantas de Puebla y Guanajuato de la empresa Volkswagen de México, a través del parque eólico La Bufa, que está en proceso de construcción en Zacatecas.

El proyecto del parque eólico La Bufa en Zacatecas tendrá un costo de 350 millones de dólares, y en el cuál se comenzó su diseño en junio de 2011 e iniciará operaciones a finales del 2016, con la instalación de 90 aerogeneradores entre los municipios de Zacatecas, Guadalupe, Genaro Codina y Villanueva, cubriendo una superficie mayor a las 11 mil hectáreas.

Con la puesta en marcha de éste parque eólico se reducirá la emisión de cerca de 275 mil toneladas anuales de CO₂.

⁴ http://www.cfe.gob.mx/ConoceCFE/1_AcercadeCFE/CFE_y_la_electricidad_en_Mexico/Paginas/CFEylaelectricidadMexico.aspx

⁵ The wind power, Wind energy market intelligence.

El proyecto La Bufa se suma al proyecto que realiza ENEL Green Power en los municipios de Mazapil y Villa de Cos, para que en conjunto con MPG, se registre una inversión cercana a los 600 millones de dólares en el estado en el sector de la energía sustentable.

Descripción del proyecto y Contexto de participación Profesional

El Parque Eólico La Bufa (La Bufa Wind Farm, Zacatecas) cuenta con 90 generadores de 2[MW] de capacidad de generación cada uno, distribuidos en 5 circuitos e interconectados por caminos interiores construidos para el montaje y futuro mantenimiento de los generadores.

La energía transformada por los aerogeneradores, es recogida a lo largo del parque por medio de un Bus Colector de forma aérea a un nivel de tensión de 34.5[kV], en estructuras acorde al conductor que se requiere. El Bus Colector está constituido por postes de concreto reforzado de 12 metros de altura, conductores de Aluminio cableados concéntricamente sobre un núcleo de acero galvanizado (tipo ACSR), herrajes en acero galvanizado para sujeción de conductores de acuerdo al calibre calculado por tramo.

El Bus Colector llega a estructuras de celosía en la entrada de la subestación elevadora, que cuenta con un transformador elevador para llevar el nivel de tensión de 34.5[kV] a 115[kV] para transmisión. La línea de transmisión viaja a través de 12.5[km] a una subestación de maniobras.

La subestación de maniobras es la encargada de conectar la línea proveniente de la subestación elevadora, en un punto de entronque donde se interconecta con la línea de transmisión que va entre las subestaciones Calera y la subestación Cañada, operadas por CFE y que ya son parte del sistema eléctrico nacional. Ésta subestación de maniobras solo es de interconexión y no transforma energía. (Imagen 2)

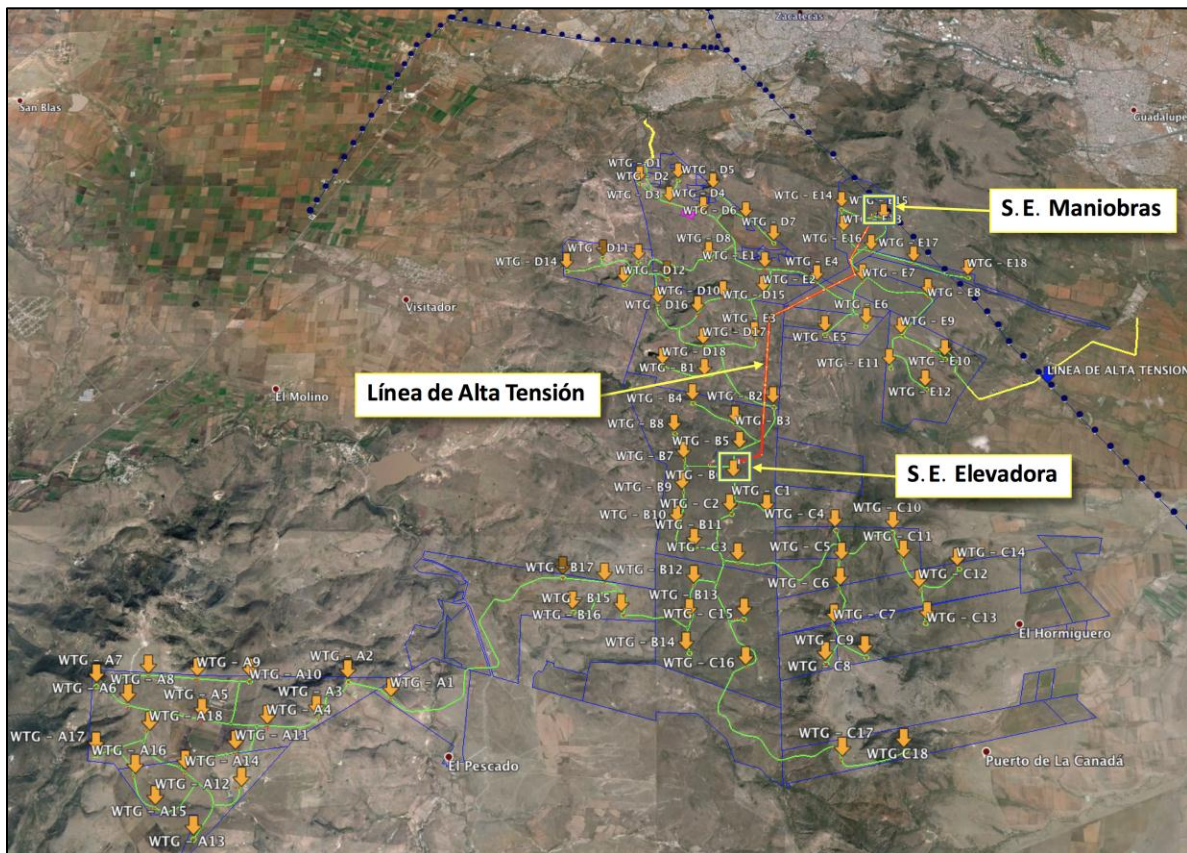


Imagen 2. Distribución de Parque Eólico, La Bufa.

La posibilidad de crecimiento del parque considera el crecimiento de dos circuitos generadores más, con paneles solares distribuidos dentro de los predios del proyecto actual cercanos a la subestación elevadora. La subestación elevadora se proyectó de acuerdo a dicha ampliación.

Mi participación en el proyecto consistió en pre-diseñar, diseñar, calcular, dibujar, cuantificar, supervisar y detallar las características de conductores, estructuras, herrajes y transiciones aero-subterráneas del Bus Colector. En la etapa de oferta, pre-diseñé el Bus Colector con base a la información recibida del cliente. Los aerogeneradores mantienen una ubicación fija ya que están basados en un estudio de viento de la región, los 5 circuitos fueron proporcionados por el cliente y con base a esto se comenzó a diseñar el bus, colocando estructuras de acuerdo al terreno y respetando los caminos interiores del proyecto para conseguir una cuantificación mayor de cableados y estructuras.

La propuesta inicial del parque eólico cuenta con los circuitos A, B, C, D,E, conformados cada uno por:

- Circuito A: 18 Aerogeneradores
- Circuito B: 13 Aerogeneradores
- Circuito C: 15 Aerogeneradores
- Circuito D: 18 Aerogeneradores
- Circuito E: 18 Aerogeneradores

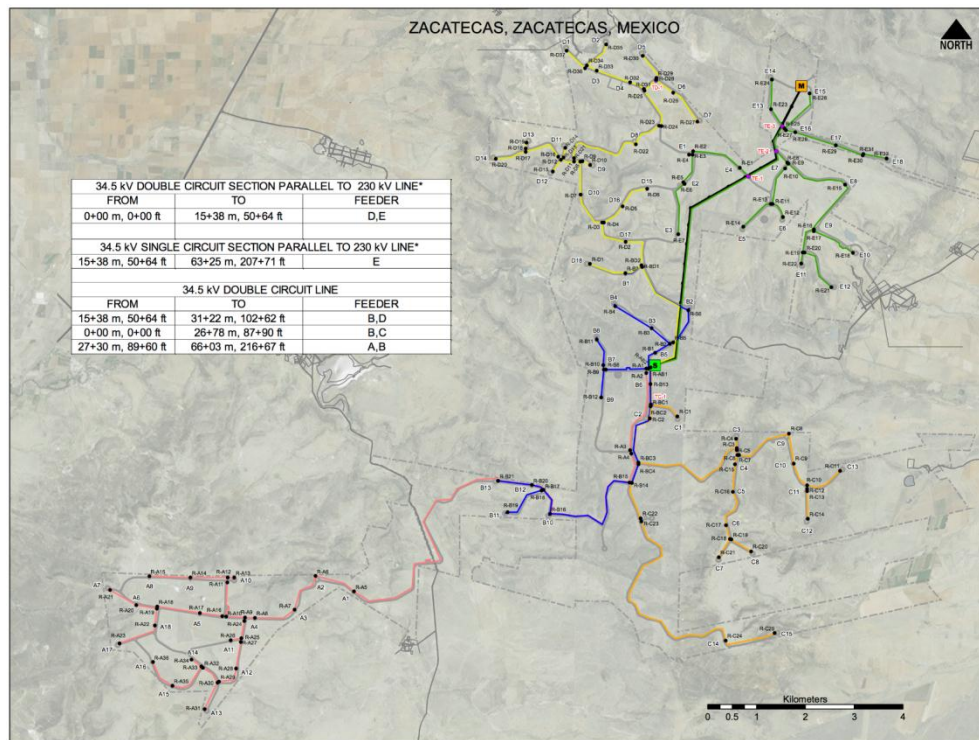


Imagen 3. Distribución de Parque Eólico, La Bufa.

Contabilizando un total de 82 Aerogeneradores; 8 generadores se agregaron posteriormente cuando el proyecto fue asignado, totalizando 90 generadores. Cada aerogenerador es controlado vía fibra óptica que viaja de forma aérea en las estructuras de media tensión del bus, fijas a las mismas por los herrajes normados correspondientes.

El alcance de trabajo para SESELEC dentro del proyecto consiste de:

- Conexión de RM6 de cada aerogenerador a Bus Colector, incluyendo el suministro y herrajes correspondientes.
- Ingeniería, suministro, montaje y puesta en servicio del Bus Colector, incluyendo estructuras, herrajes, transiciones, conductores.

- Ingeniería, construcción, suministro, montaje y puesta en servicio de subestación elevadora.
- Ingeniería, construcción, suministro, montaje, permisos y puesta en servicio de Líneas de Transmisión en Alta tensión.
- Revisión de Ingeniería de CFE, construcción, suministro, montaje y puesta en servicio de subestación de maniobras.

Las consideraciones específicas en el diseño para el Bus Colector y que son en las que se enfoca éste informe, a solicitud del cliente, son las siguientes:

- Toda la Ingeniería (planos, memorias de cálculo, hojas de datos y especificaciones deberán presentarse en inglés y español)
- A la salida de cada aerogenerador, el conductor será del tipo XLPE-TR, se instalará directamente enterrado en zanja hasta la estructura más próxima.
- La estructura más próxima a cada aerogenerador deberá respetar 62[m] de radio como mínimo, tomado al centro de la cimentación de la torre del aerogenerador .
- En los puntos donde deba cruzar caminos el Bus Colector, se instalará mediante ductos de Polietileno de Alta Densidad para uso pesado (PEAD), con un registro a pie de estructura (como mínimo) para jalado de conductores.
- El conductor a instalar en los cruces de caminos, será del tipo XLPE-TR en cobre, calibre 500kCM como mínimo.
- La distancia mínima entre claros de estructuras será de 55[m]
- Las estructuras paralelas a caminos, deberán instalarse como mínimo a 3[m] de distancia del camino interior de proyecto.
- La pérdida de energía por caídas de tensión en el Bus Colector deberá ser menor al 3[%]

Para el diseño, inicialmente localicé estructuras sencillas paralelas a los caminos, respetando las solicitudes del cliente en las que como mínimo se deben tener 3 [m] a la paralela del camino del proyecto y 55[m] de claros entre estructuras, tratando de respetar la altimetría y detalles de topografía, estudios que fueron presentados por el cliente.

Con base a esto, elaboré diagramas unifilares básicos para poder identificar las longitudes de conductor a instalar y poder calcular su calibre. Para las longitudes plasmadas en los diagramas unifilares se respetó la altimetría y se dio el 3% de catenaria al conductor.

Para el cálculo de calibre de conductores desarrollé, en hojas de cálculo de Excel, un programa que se encargaba de calcular el calibre del conductor mínimo a instalar en el bus. Con base al calibre del conductor, el programa de Excel podía calcular las pérdidas eléctricas del bus. Con éste cálculo, el calibre final de los conductores podía modificarse manualmente para así, obtener la menor pérdida posible. Finalmente, el programa mostraba la cantidad de cable (en metros) necesario para el Bus Colector.

Programa de cálculo.

Datos de Partida.

Se contaba con una hoja de datos que establecía las características eléctricas de los conductores a instalar en el Bus Colector. Las capacidades y comportamientos de los conductores fueron calculados por el proveedor del conductor (Viakon) para los casos en que el conductor viajara de manera subterránea, ya fuera directamente enterrado o por ductos de PEAD. Ver **Anexo 1**.

Para conductores subterráneos, el software utilizado por el Fabricante fue el CYMCAP (Versión 6.2 rev.4) para calcular la corriente más aproximada al desempeño del conductor en las condiciones a instalar; basada en las características de temperatura del terreno, resistividad del terreno, profundidad de instalación, y características de operación del parque. Para conductores aéreos; igualmente el fabricante utilizó el software CYMCAP, teniendo como datos de entrada la elevación a la que sería instalado el conductor, características eléctricas del sistema, temperatura ambiente, temperatura de operación del conductor, velocidad del viento, absorción solar, distancia entre fases, contaminación y emisividad.

De los datos obtenidos del fabricante, incluí una hoja de datos en el programa que muestra las capacidades de los conductores a las condiciones de instalación en la región del proyecto, éstos datos son utilizados por el programa para la correcta selección del conductor a instalar. (*Imagen 4*)

1 DATOS DE PARTIDA

PAIS: MEXICO	GENERAL CABLE
PARQUE: LA BUFA	TIPO DE CONDUCTOR: DS COBRE 35 KV XLPE-TR
POTENCIA DE AEROGENERADORES: 2,000 kW	TEMPERATURA DEL CONDUCTOR: 90 °C
NÚMERO TOTAL DE AEROGENERADORES: 90	TEMPERATURA AMBIENTE: 20 °C
VOLTAJE: 34.50 KV	RESISTIVIDAD TERMICA DEL TERRENO: 90 °C-cm/W
COS FI: 0.95	FACTOR DE CARGA: 100%
SEN FI: 0.31223	SEPARACIÓN DE CABLES: 25 cm ENTRE CENTROS DE TERMAS
	CABLES EN TRÉBOL DIRECTAMENTE ENTERRADOS
	PANTALLA ATERRIZADA EN 1 PUNTO
	PARA EL CORTOCIRCUITO SE CONSIDERO 30 CICLOS

Corrientes de Corto Circuito a 8 Ciclos

Calibre KCM	Corto Circuito Conductor	Pantalla/Neutro
1/0	15.31 kA	1.30 kA
4/0	20.22 kA	1.30 kA
500	47.80 kA	1.62 kA
1000	95.60 kA	1.95 kA

Valores para una terna en arreglo trébol

Calibre KCM	Resistencia Eléctrica	Reactancia Inductiva	Capacidad de Conducción de Corriente
1/0 AWG (Cu)	0.487 Ω/km	0.267 Ω/km	238.00 A
1/0 AWG (Al)	0.777 Ω/km	0.267 Ω/km	191.00 A
4/0 AWG	0.368 Ω/km	0.240 Ω/km	271.00 A
500 KCM	0.153 Ω/km	0.208 Ω/km	437.00 A
1000 KCM	0.077 Ω/km	0.191 Ω/km	640.00 A
1250 KCM	0.090 Ω/km	0.174 Ω/km	752.00 A

Valores para dos ternas en arreglo trébol

Calibre KCM	Resistencia Eléctrica	Reactancia Inductiva	Capacidad de Conducción de Corriente
1/0 (Cu)	0.389 Ω/km	0.133 Ω/km	324.00 A
1/0 (Al)	0.184 Ω/km	0.120 Ω/km	482.00 A
4/0	0.077 Ω/km	0.104 Ω/km	772.00 A
500	0.108 Ω/km	0.090 Ω/km	1,122.00 A
1000	0.030 Ω/km	0.087 Ω/km	1,328.00 A

Corrientes de Corto Circuito a 30 ciclos

Calibre KCM	Corto Circuito Conductor	Pantalla/Neutro
1/0	7.65 kA	0.65 kA
4/0	10.11 kA	0.65 kA
500	23.90 kA	0.81 kA
1000	47.90 kA	0.97 kA

CAIDA DE TENSIÓN POR AMPERE POR KILOMETRO

Codigo Mundial	Conductor ACSR	Factor de Potencia %
Hawk	477	0.474
Bluejay	1113	0.200

DATOS DEL CONDUCTOR AEREO

Codigo Mundial	Conductor ACSR	Seccion S (mm²)	Resistencia Eléctrica	Capacidad de Conducción de Corriente
Hawk	477	241.700 mm²	0.148 Ω/km	520.00 A
Bluejay	1113	564.000 mm²	0.063 Ω/km	1,492.00 A

Formulas Eléctricas

$$e = \frac{\sqrt{3} I L (R \cos \phi + X \sin \phi)}{1000}$$

$$e = \frac{\sqrt{3} I L}{50 * (S)}$$

DATOS DEL CONDUCTOR SUBTERRANEADO EN DUCTO

FABRICANTE:	GENERAL CABLE
TIPO DE CONDUCTOR:	DS ALUMINIO 35 KV XLPE-TR
TEMPERATURA DEL CONDUCTOR:	90 °C
TEMPERATURA AMBIENTE:	40 °C
RESISTIVIDAD TERMICA DEL TERRENO (Artículo 310, NCR):	90 °C-cm/W
FACTOR DE CARGA:	100%
SEPARACIÓN DE CABLES:	25 cm ENTRE CENTROS DE TERMAS
CABLES EN DUCTO EN ARREGLO TRÉBOL:	
PANTALLA ATERRIZADA EN UN PUNTO:	
PARA EL CORTOCIRCUITO SE CONSIDERO 30 CICLOS:	

Referencias: DIAGRAMA UNIFILAR A, B, C, D; LBU-SES-ID-BC-E-PL-011, 12, 13, 14, 15

- Notas:
- TR1, TR2, TR3, ..., TR12 corresponden a las transiciones
 - En el presente cálculo no se esta considerando coeficiente de perdidas ni horas equivalentes
 - El National Electrical Code (NEC) de EUA en la tabla 310-86 indica capacidades de conduccion considerando valores de resistividad termica del terreno (RHO) de 90° C por lo que se adopta este valor para el presente cálculo.
 - Los valores de resistencia eléctrica de los cables de MT son los calculados en base al fabricante.

Reservados todos los derechos sobre el presente documento y la información contenida en él. Queda prohibida su reproducción, ya sea parcial o total, uso o relación a terceros sin contar con la autorización expresa por parte de **Servicios & Soluciones Electrónicas S.A. de C.V.** Licencia No. 13 julio 7. Cal. Nueva Anáhuac, 11890, México D.F., Tel. 52 (55) 5282-1900, www.ses.com.mx

Imagen 4. Extracto de memoria de cálculo, Datos de Partida, ver Anexo 2.

Cálculo de MT.

Para la selección de los conductores, el programa incluye una hoja de cálculo de conductores en media tensión que utiliza las características de cada conductor. Los datos de entrada del programa son los tramos del Bus Colector, en donde se pueden diferenciar entre conductores bajo tierra y conductores en instalación aérea ①; el nombre del tramo, identificado por el número y tipo de estructura ubicada en los planos de planta de cada circuito ②, la longitud entre tramos en metros, incluyendo subidas y bajantes de postes ③, la cantidad de aerogeneradores que debía soportar el conductor para esa sección ④ y la cantidad de ternas que viajan en dicho tramo ⑤.

Con base a éstos datos, el programa tomaba los datos de la potencia eléctrica de cada aerogenerador de la hoja *Datos de partida* y asignaba la potencia correspondiente al tramo ⑥ y calculaba una corriente para el mismo ⑦. El programa se encargaba de extraer los valores de corriente de los datos proporcionados por el fabricante en la hoja *Datos de partida* para así, comparar la corriente del tramo con la de los conductores a instalar y dar como resultado el conductor adecuado para instalar en dicho tramo, reflejado en la columna de "Selección por capacidad de corriente" ⑧. Se obtenía como dato de salida la caída de tensión en el tramo en [V] y su porcentaje [%] para cada conductor posible a instalar, y la pérdida de potencia del tramo en [W] y su porcentaje [%], proporcionando una comparativa entre conductores para la correcta

① DATOS - CTO A (Games G114)		③ CARACTERÍSTICAS DEL CIRCUITO		⑧ CADA DE TENSIÓN												⑨ PERDIDA DE POTENCIA												⑨ SELECCIÓN FINAL DEL CONDUCTOR (AWG) o KCM
Serial	Tipo Cables	Tramo	Longitud	AEROS	Potencia	Ternas en instalación	SELECCIÓN POR CAPACIDAD DE CORRIENTE (AWG o KCM)	877	1113	500 KCM	1000 KCM	1250 KCM	16 AWG (Cu)	18 AWG (Al)	24 AWG (Al)	36 AWG (Al)	50 AWG (Al)	75 AWG (Al)	95 AWG (Al)	125 AWG (Al)	150 AWG (Al)	200 AWG (Al)	250 AWG (Al)	300 AWG (Al)	350 AWG (Al)	400 AWG (Al)	477	
E	PIV RODAS (TRANSICIÓN)	85	1	2,000 VIV	30.23 A	1	10 AWG (Cu)	2.7 V	4.3 V	2.7 V	1.1 V	0.7 V	0.8 V	147.8 W	0.007%	248.3 W	0.012%	148.8 W	0.007%	48.5 W	0.002%	24.3 W	0.001%	18.0 W	0.001%	1.0 AWG (Cu)	477	
A	RODAS (TRANSICIÓN-ADCS48 (TRANSICIÓN))	94	1	2,000 VIV	30.23 A	1	10 AWG (Cu)	1.8 V	2.3 V	1.8 V	0.7 V	0.4 V	91.9 W	0.003%	162.1 W	0.007%	98.9 W	0.005%	31.9 W	0.002%	16.3 W	0.001%	12.3 W	0.001%	500 KCM	477		
E	ADCS48 (TRANSICIÓN-ADCS48 (TRANSICIÓN))	96	1	2,000 VIV	30.23 A	1	10 AWG (Cu)	2.8 V	4.3 V	2.8 V	1.1 V	0.7 V	148.3 W	0.007%	248.3 W	0.012%	157.3 W	0.008%	48.5 W	0.002%	24.3 W	0.001%	18.0 W	0.001%	1.0 AWG (Cu)	477		
A	PIV RODAS (TRANSICIÓN)	85	1	2,000 VIV	30.23 A	1	10 AWG (Cu)	2.7 V	4.3 V	2.7 V	1.1 V	0.7 V	147.8 W	0.007%	248.3 W	0.012%	148.8 W	0.007%	48.5 W	0.002%	24.3 W	0.001%	18.0 W	0.001%	1.0 AWG (Cu)	477		
E	ADCS48 (TRANSICIÓN-ADCS48 (TRANSICIÓN))	94	1	2,000 VIV	30.23 A	1	10 AWG (Cu)	1.8 V	2.3 V	1.8 V	0.7 V	0.4 V	91.9 W	0.003%	162.1 W	0.007%	98.9 W	0.005%	31.9 W	0.002%	16.3 W	0.001%	12.3 W	0.001%	500 KCM	477		
A	RODAS (TRANSICIÓN-ADCS48 (TRANSICIÓN))	141	1	2,000 VIV	30.23 A	1	10 AWG (Cu)	3.0 V	4.3 V	3.0 V	1.1 V	0.7 V	162.1 W	0.006%	283.3 W	0.014%	162.1 W	0.010%	50.0 W	0.003%	24.3 W	0.001%	18.0 W	0.001%	1.0 AWG (Cu)	477		
E	ADCS48 (TRANSICIÓN-ADCS48 (TRANSICIÓN))	54	1	2,000 VIV	30.23 A	1	10 AWG (Cu)	1.7 V	2.3 V	1.7 V	0.7 V	0.4 V	88.9 W	0.003%	162.1 W	0.007%	98.9 W	0.005%	31.9 W	0.002%	16.3 W	0.001%	12.3 W	0.001%	500 KCM	477		
A	ADCS48 (TRANSICIÓN-ADCS48 (TRANSICIÓN))	150	2	4,000 VIV	30.48 A	1	10 AWG (Cu)	3.0 V	4.3 V	3.0 V	1.1 V	0.7 V	162.1 W	0.006%	283.3 W	0.014%	162.1 W	0.010%	50.0 W	0.003%	24.3 W	0.001%	18.0 W	0.001%	1.0 AWG (Cu)	477		
A	RODAS (TRANSICIÓN-ADCS48 (TRANSICIÓN))	485	3	8,000 VIV	103.89 A	1	10 AWG (Cu)	10.0 V	13.0 V	10.0 V	3.3 V	2.0 V	540.0 W	0.026%	900.0 W	0.045%	540.0 W	0.036%	162.1 W	0.005%	81.0 W	0.003%	40.5 W	0.002%	18.0 W	0.001%	1.0 AWG (Cu)	477
E	ADCS48 (TRANSICIÓN-ADCS48 (TRANSICIÓN))	85	1	2,000 VIV	30.23 A	1	10 AWG (Cu)	2.7 V	4.3 V	2.7 V	1.1 V	0.7 V	147.8 W	0.007%	248.3 W	0.012%	148.8 W	0.007%	48.5 W	0.002%	24.3 W	0.001%	18.0 W	0.001%	1.0 AWG (Cu)	477		
A	RODAS (TRANSICIÓN-ADCS48 (TRANSICIÓN))	485	3	8,000 VIV	103.89 A	1	10 AWG (Cu)	10.0 V	13.0 V	10.0 V	3.3 V	2.0 V	540.0 W	0.026%	900.0 W	0.045%	540.0 W	0.036%	162.1 W	0.005%	81.0 W	0.003%	40.5 W	0.002%	18.0 W	0.001%	1.0 AWG (Cu)	477
E	ADCS48 (TRANSICIÓN-ADCS48 (TRANSICIÓN))	85	1	2,000 VIV	30.23 A	1	10 AWG (Cu)	2.7 V	4.3 V	2.7 V	1.1 V	0.7 V	147.8 W	0.007%	248.3 W	0.012%	148.8 W	0.007%	48.5 W	0.002%	24.3 W	0.001%	18.0 W	0.001%	1.0 AWG (Cu)	477		
A	ADCS48 (TRANSICIÓN-ADCS48 (TRANSICIÓN))	90	1	2,000 VIV	30.23 A	1	10 AWG (Cu)	2.8 V	4.3 V	2.8 V	1.1 V	0.7 V	150.0 W	0.007%	260.0 W	0.013%	150.0 W	0.009%	50.0 W	0.003%	25.0 W	0.001%	20.0 W	0.001%	1.0 AWG (Cu)	477		
A	ADCS48 (TRANSICIÓN-ADCS48 (TRANSICIÓN))	87	2	4,000 VIV	30.48 A	1	10 AWG (Cu)	3.0 V	4.3 V	3.0 V	1.1 V	0.7 V	162.1 W	0.006%	283.3 W	0.014%	162.1 W	0.010%	50.0 W	0.003%	24.3 W	0.001%	18.0 W	0.001%	1.0 AWG (Cu)	477		
E	ADCS48 (TRANSICIÓN-ADCS48 (TRANSICIÓN))	95	1	2,000 VIV	30.23 A	1	10 AWG (Cu)	3.1 V	4.3 V	3.0 V	1.2 V	0.7 V	160.0 W	0.006%	275.0 W	0.014%	160.0 W	0.010%	50.0 W	0.003%	24.3 W	0.001%	18.0 W	0.001%	1.0 AWG (Cu)	477		
A	ADCS48 (TRANSICIÓN-ADCS48 (TRANSICIÓN))	402	3	8,000 VIV	103.89 A	1	10 AWG (Cu)	10.0 V	13.0 V	10.0 V	3.3 V	2.0 V	540.0 W	0.026%	900.0 W	0.045%	540.0 W	0.036%	162.1 W	0.005%	81.0 W	0.003%	40.5 W	0.002%	18.0 W	0.001%	1.0 AWG (Cu)	477



selección del conductor en los circuitos. La selección final de conductor se debía hacer manualmente y se consideró como un dato de entrada ⑨. (Ver *Imagen 5*)

Imagen 5. Extracto de memoria de cálculo, cálculo MT, ver Anexo 2.

El cálculo anteriormente descrito se realizó para los 5 circuitos del Bus Colector.

Resumen MT.

El programa contiene un listado para evaluar las pérdidas de potencia del sistema por circuito, así se tiene un valor que permite evaluar si en ciertos tramos es necesario aumentar la sección del conductor para así tener menor pérdida de potencia, evaluando el costo que también esto conllevaría. Muestra los datos de salida para la evaluación del conductor.

En primera línea, muestra los datos de tramo al que corresponde, mostrando el nombre, longitud, corriente y ternas en la canalización ⑩; se muestra la sección de cable que se seleccionó manualmente en el apartado *SELECCIÓN FINAL DEL CONDUCTOR* de la *Hoja de cálculo MT* en el mismo programa y la columna de tipo de Cable, la columna *TIPO DE CABLE* solo asigna un número para identificación del conductor que se seleccionó ⑪; se muestra la caída de tensión para el conductor seleccionado en [V] y en [%]; la pérdida de potencia en [W] y [%] ⑫; se contabiliza en columnas la longitud necesaria para cada conductor para al final tener la cantidad de conductor necesario por calibre ⑬; y finalmente, se analiza la utilización del conductor para verificar que no se encuentre sobre cargado ⑭.

Después del análisis de pérdidas, se contabiliza la longitud total de conductores en el circuito ⑮; se muestra la caída de tensión del circuito en [V] y en [%], se resume la pérdida de potencia en [W] y en [%] del circuito ⑯; finalmente se muestran las longitudes totales de conductores para el circuito resumido ⑰. (Ver *Imagen 6*)

cecelec		MEMORIA DE CALCULO DE CABLES, CAIDAS DE TENSION Y PERDIDAS																																			
		CODIGO										FECHA		HOJA																							
LBU-SES-ID-BC-E-MC-001										15/04/16		10 de 20																									
⑩ Datos del Circuito A				⑪ Caída de Tensión (e)				⑫ Pérdida de Potencia (P)		⑬ Longitudes de Cable						⑭ Utilización de conductor																					
Tramo	Longitud con cacas	Intensidad	Ternas en canalización	Sección	TIPO CABLE	V	e%	KW	P%	1/0 AWG (Cu)	1/0 AWG (Al)	500 KCM	1000 KCM	1250 KCM	477 ACSR	1113 ACSR	Capacidad de Conductor (A)	Carga Máxima de Conductor (%)																			
P07-RD3G485 (TRANSICIÓN)	85	35.23 A	1	1/0 AWG (Cu)	1	2.7 V	0.008%	0.148	0.007%	255	0	0	0	0	0	0	238	15%																			
RD3G485 (TRANSICIÓN)-AD3G486 (TRANSICIÓN)	564	35.23 A	1	477	7	9.42 V	0.027%	0.307	0.015%	0	0	0	0	0	1,692	0	926	4%																			
AD3G486 (TRANSICIÓN)-RD3G488 (TRANSICIÓN)	56	35.23 A	1	500 KCM	4	9.7 V	0.022%	0.032	0.002%	0	0	168	0	0	0	0	437	9%																			
P06-RD3G502 (TRANSICIÓN)	36	35.23 A	1	1/0 AWG (Cu)	1	2.8 V	0.008%	0.149	0.007%	258	0	0	0	0	0	0	238	15%																			
RD3G502 (TRANSICIÓN)-TS3G482 (TRANSICIÓN)	830	35.23 A	1	477	7	10.52 V	0.030%	0.343	0.017%	0	0	0	0	0	1,590	0	926	4%																			
P06-RD3G489 (TRANSICIÓN)	84	35.23 A	1	1/0 AWG (Cu)	1	2.7 V	0.008%	0.146	0.007%	252	0	0	0	0	0	0	238	15%																			
RD3G489 (TRANSICIÓN)-AD3G484 (TRANSICIÓN)	141	35.23 A	1	477	7	2.35 V	0.007%	0.077	0.004%	0	0	0	0	0	423	0	926	4%																			
AD3G484 (TRANSICIÓN)-TS3G482 (TRANSICIÓN)	54	35.23 A	1	500 KCM	4	9.7 V	0.022%	0.031	0.002%	0	0	162	0	0	0	0	437	9%																			
HS3G98 (TRANSICIÓN)-HA3G47 (TRANSICIÓN)	2955	739.85 A	1	1113	8	437.25 V	1.267%	305.226	0.727%	0	0	0	0	0	0	8,865	1492	50%																			
HS3G97 (TRANSICIÓN)-HA3G47 A (TRANSICIÓN)	79	739.85 A	2	1000 KCM	5	7.8 V	0.021%	0.964	0.015%	0	0	0	0	0	0	0	1122	86%																			
HA3G47 A (TRANSICIÓN)-HS3G352 (TRANSICIÓN)	8313	739.85 A	1	1113	8	934.14 V	2.708%	682.078	1.553%	0	0	0	0	0	0	18,539	1492	50%																			
HS3G352 (TRANSICIÓN)-HA3GVI (TRANSICIÓN)	148	739.85 A	2	1000 KCM	5	12.3 V	0.039%	6.318	0.022%	0	0	0	890	0	0	0	1122	86%																			
HA3GVI (TRANSICIÓN)-HA3GVII (TRANSICIÓN)	31	739.85 A	1	1113	8	4.59 V	0.013%	3.202	0.008%	0	0	0	0	0	0	93	1492	50%																			
HA3GVII (TRANSICIÓN)-HA3GVIII (TRANSICIÓN)	59	739.85 A	2	1000 KCM	5	4.9 V	0.014%	3.716	0.009%	0	0	0	354	0	0	0	1122	86%																			
HA3GVIII (TRANSICIÓN)-S-E ELEVADORA	27	739.85 A	1	1113	8	4.00 V	0.012%	2.789	0.007%	0	0	0	0	0	0	81	1492	50%																			
Total										31,094 m		⑮		3,392.78 V		9.63%		1,865.09 KW		4.44%		5,547		0		1,983		2,406		0		47,127		37,422		⑯	

Imagen 6. Extracto de memoria de cálculo, resumen MT, ver Anexo 2.


El resumen anterior se despliega para cada uno de los 5 circuitos.

Resumen pérdidas de potencia.

Se presentaba un resumen que incluía las pérdidas de potencia generales del parque, con referencia a la potencia total del parque y la capacidad de generación del parque completo, conjuntada por cada circuito. Cabe aclarar que la pérdida de tensión contractual máxima especificada por el cliente era solo para el Bus Colector, no se incluían las pérdidas de potencia de los transformadores de cada generador. (Ver Imagen 7)

RESUMEN DEL CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE POTENCIA

LBU-SES-ID-BC-E-MC-001_MC CABLES CAÍDAS DE TENSIÓN Y PÉRDIDAS_Rev 0D.xlsxResumen perdidas de potencia

	MEMORIA DE CALCULO DE CABLES, CAÍDAS DE TENSIÓN Y PÉRDIDAS			
	CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA	HOJA
	LBU-SES-ID-BC-E-MC-001	0D	14/04/16	15 de 20

3 RESUMEN DE PÉRDIDAS DE POTENCIA

Datos del Parque	
Numero de aerogeneradores	90
Potencia aerogeneradores	2,000 kW
Nivel de tensión	34.50 kV

Capacidad total del Parque Eolico

180,000 kW

Pérdida de los transformadores en aerogenerador	2,538.00 kW	Nota 1
Pérdida conductor trafo a la celda	5.90 kW	Nota 2
Pérdida de potencia Cables MT	3,665.07 kW	

1.4100%	% De Pérdida de los transformadores en aerogenerador
0.0033%	% De Pérdida conductor trafo a la celda
2.0361%	% De Pérdida de potencia Cables MT

Pérdida de potencia Total en los circuitos colectores de MT	3,665.07 kW
% de pérdidas de potencia Total en MT	2.0361%

Porcentaje Total de Perdidas del Parque Eolico

3.4494%

Pérdida de potencia Total del Parque Eolico	6,208.96 kW
% de pérdidas de potencia Totales del Parque Eolico	3.4494%

DONDE:

Pérdida de potencia (KW) =

Suma de las Perdidas de Potencia

% Pérdidas de potencia =

Suma de las Perdidas de Potencia / Potencia Total del Parque

Notas:

1. Las pérdidas mostradas son la suma de las pérdidas indicadas en el anexo 1
2. Deberá ser verificado por ECI / GAMESA

Imagen 7. Extracto de memoria de cálculo, resumen pérdidas de potencia, ver Anexo 2

Los datos se obtuvieron en el escenario ideal, considerando que los generadores funcionaran de acuerdo a especificaciones de fabricante y entregando 2[MW] continuamente cada uno. En caso de que los generadores no cumplieran con ésta especificación (variaciones de tensión) el cliente toma los cálculos aquí obtenidos como los correctos y no considera cualquier otro valor de pérdida en caso de falla.

Realicé la distribución de estructuras conforme a la solicitud del cliente, todas las estructuras debían respetar un derecho de vía de 3 [m] como mínimo con respecto al camino interior del proyecto. Las estructuras que soportan conductores de hasta 477kCM de calibre fueron colocadas a una distancia máxima de 65 [m] de claro entre estructuras para evitar problemas de flechas y tensiones. Para los casos en los que aumenta el calibre del conductor del bus, las estructuras pasaron a ser del tipo que soporta conductor de hasta 1113kCM de calibre se distribuyeron hasta 120 [m] de distancia entre claros de estructuras como máximo, igualmente para evitar problemas de flechas y tensiones. A las salidas y recogidas de los aerogeneradores coloqué las estructuras correspondientes por el conductor respetando el espacio del aerogenerador, a solicitud del cliente a 62 [m] del centro de la cimentación del aerogenerador.

En caminos que transportan la energía de dos circuitos distintos, se instalaron estructuras a ambos lados del camino, ambas estructuras podrían ser del tipo de hasta 477kCM o del tipo 1113kCM o una combinación entre ambas. Se tuvieron casos en donde por los caminos el bus debía transportar la energía de tres circuitos; para dichos casos se implementaron estructuras capaces de transportar dos circuitos para un solo costado del camino; las estructuras del tipo HA3G (2) y HS3G (2) de un lado del camino soportan conductores de hasta un calibre de 1113kCM.

Elaboré planos de planta que reflejaban la ubicación de cada estructura por circuito, para cada estructura se asignaba un número consecutivo en forma ascendente para identificación, cada circuito tenía su numeración asignada y las estructuras solo eran consecutivas en numeración para su circuito, sin continuar numeraciones en cualquier otro circuito. No se tenía confusión de numeración de estructuras ya que los documentos generados para la identificación de estructuras eran elaborados circuito por circuito. La ubicación geográfica para montaje de estructuras se realizó en los mismos planos que contaba con geolocalización, cada estructura generaba coordenadas que se plasmaron en los planos de planta para para la ubicación de estructuras en sitio, generando pequeños ajustes debido al terreno que fueron aclarados por el equipo de montaje y así, plasmarlos en la mejor ubicación. (Ver *Imagen 9*)

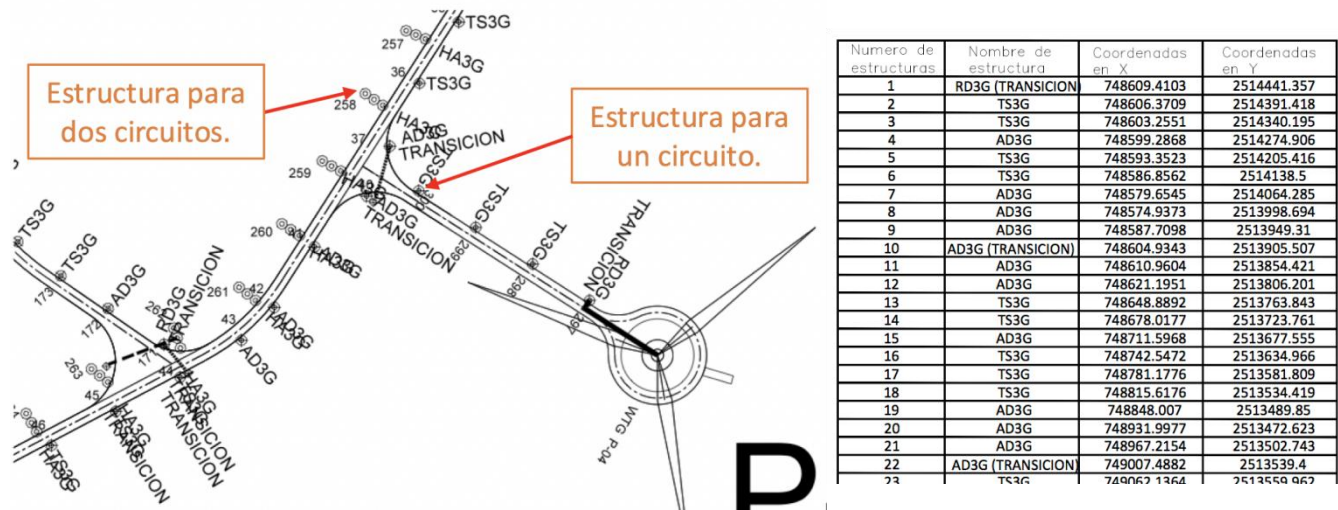


Imagen 9. Distribución de estructuras en planos de planta y coordenadas de ubicación de estructuras, Planos de planta circuitos, ver planos de planta en Anexo 4.

Cuantificación de estructuras y herrajes.

A partir de la distribución de estructuras en los planos generados en AutoCAD y que cuentan con referencia geográfica, identifiqué y definí correctamente todas las estructuras con atributos propios para cada tipo, distinguiéndose entre ellas para obtener la cantidad por tipo de estructuras sin importar el circuito al que pertenecieran, utilizando las herramientas y comandos del mismo AutoCAD.

Los materiales correspondientes a cada estructura son tomados de la especificación de CFE “CONSTRUCCIÓN DE INSTALACIONES AÉREAS EN MEDIA Y BAJA TENSION” (CFE DCCIAMBT, Febrero 2014) que cuenta con listados de materiales para cada estructura. El Bus Colector corresponde a una etapa del proyecto que es responsabilidad de MPG, por lo que no requiere supervisión de CFE, sin embargo, se utilizó la especificación ya que muestra la instalación de estructuras para un óptimo desempeño del parque eólico. (Ver *Imagen 10*)

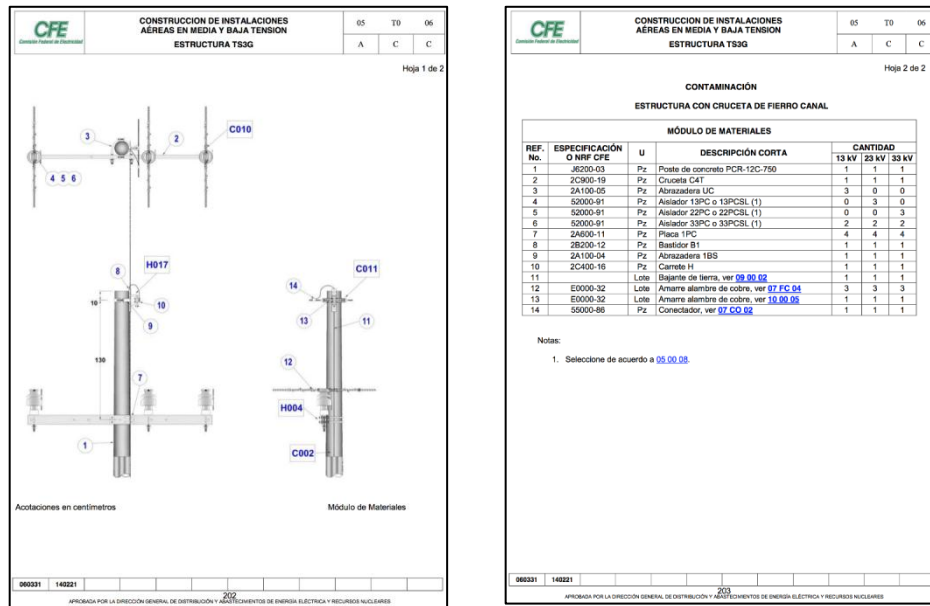


Imagen 10. Configuración de estructura TS3G y listado de materiales correspondiente, extracto de Especificación CFE DCCIAMBT, 2014.

Con éstos datos, organicé una hoja de cálculo en Excel que muestra todos los materiales posibles para los tipos de estructuras utilizados en el Bus Colector. Ubicando los materiales que pudieran ser similares entre estructuras diferentes y no repetirlos. Mi listado de materiales en Excel contiene la especificación corta de CFE para una ubicación más sencilla del elemento a especificar. Para la descripción de materiales me informé de catálogos de diversas marcas para identificar qué materiales cumplían con los requerimientos de CFE y así especificar los elementos con número de parte. (Ver *Imagen 11*)

Ref. No. (CFE)	Especificación o NRF CFE	Unidad	Descripción Corta	Descripción/Mca./Cat.
1	J6200-03	Pza	Poste de concreto PCR-12-750	Poste de concreto Reforzado PCR-12-750. Mca. Centrifugados Mexicanos o similar aprobada.
2	2C900-93	Pza	Cruceta PR250	Cruceta fabricada en perfil tubular, de 101.6x50.8x1.9 mm, tipo PR250; galvanizada por inmersión en caliente. Cat. PE0CPR250; Mca. PRODUCTOS METALICOS ESPECIALIZADOS SA DE CV o similar aprobada.
3	2C900-19	Pza	Cruceta C4R	Cruceta fabricada en perfil C, de 101.6x40x4.35 mm, tipo C4R; galvanizada por inmersión en caliente. Cat. CRUC4R-01; Mca. CONHESA o similar aprobada.
4	2C900-19	Pza	Cruceta C4T	Cruceta fabricada en perfil C, de 101.6x40x4.35 mm, tipo C4R; galvanizada por inmersión en caliente. Cat. CRUC4T-01; Mca. CONHESA o similar aprobada.

Imagen 11. Especificación de materiales, extracto listado de materiales, ver Anexo 5.

De los listados de CFE, organicé la cantidad de piezas necesarias por cada tipo de estructura, colocando por columnas cada tipo y la cantidad de elementos necesarios para su armado. (Ver *Imagen 12*)

PIEZAS POR RD3G TRANS	PIEZAS POR TS3G	PIEZAS POR TS3G TRANS	PIEZAS POR AD3G	PIEZAS POR AD3G TRANS	PIEZAS POR HS3G	PIEZAS POR HS3G TRANS	PIEZAS POR HA3G	PIEZAS POR HA3G TRANS	PIEZAS HS3G DOBLE	PIEZAS POR HA3G DOBLE	PIEZAS HA3G DOBLE TRANS
1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Imagen 12. Cantidades de elementos, extracto listado de materiales, ver Anexo 5.

Finalmente, la cantidad de estructuras por tipo fue asignada a cada columna para que realizara la operación automáticamente, y entregara una cantidad total de materiales para hacer las solicitudes de compra correspondientes. (Ver *Imagen 13*)

CANTIDAD DE ESTRUCTURAS POR TIPO	85	772	5	723	83	114	21	205	38	46	73	15
LISTA DE MATERIALES BUS COLECTOR (ESTRUCTURAS)												
CANTIDAD TOTAL	RD3G TRANS	TS3G	TS3G TRANS	AD3G	AD3G TRANS	HS3G	HS3G TRANS	HA3G	HA3G TRANS	HS3G DOBLE	HA3G DOBLE	HA3G DOBLE TRANS
2826	85	772	5	723	83	228	42	410	76	138	219	45
1612	0	0	0	1446	166	0	0	0	0	0	0	0
170	170	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
777	0	772	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Imagen 13. Cantidades de elementos, extracto listado de materiales, ver Anexo 5.

Los listados y módulos de materiales junto con los detalles de estructuras fueron proporcionadas al equipo técnico de montadores de estructuras para la identificación y categorización de los mismos, agilizando la clasificación en almacén y el montaje en sitio.

Una de las responsabilidades que tuve fue la de entregar al departamento de adquisiciones las requisiciones de materiales del Bus Colector. Dichas requisiciones de compra las elaboré en el software Navision de la empresa Microsoft que es un software utilizado para el control de compras dentro de la empresa y utilizados como apoyo del departamento de compras para mantener el control de los equipos a surtir en los diferentes proyectos, manteniendo un orden codificado para cada proyecto, evitando entregas erróneas o surtido de materiales repetidos por proyecto. Dichas requisiciones de compra son documentos derivados de los listados de materiales, que fueron documentos entregables codificados para el cliente; las requisiciones fueron elaboradas por etapas de construcción para la compra gradual de materiales, para trabajar en puntos específicos de la instalación y llevar un control de las cantidades de materiales adquiridos. (Ver *Imagen 14*)

Dirección de entrega Servicios & Soluciones Electromecánicos SA de CV ZACATECAS ZACATECAS ZACATECAS ZACATECAS						
Project Manager :		BALTAZAR DURAN GARCIA	México D.F., el 24 de Junio de 2016.			
Su contacto :		Felipe Mendoza				
Pago:						
Incoterms:						
No. Requisicion PR004530 - No. Proyecto T0026.01						Pág. 1
Codigo	Descripción	Cant	Unidad	Precio unit.	Desc. (%)	Importe Total
	LBU//CAMBIO DE CALIBRE_BUS COLECTOR					
6010000	Poste de concreto Reforzado PCR-12-750 Mca. Centrifugados Mexicanos o similar aprobada.	184.00	Pieza			
6010000	Cruceta fabricada en perfil C, de 101.6 x 40 x 4.35 mm, tipo C4S; galvanizada por inmersión en caliente. Cat. CRUC4S-01; Mca. COONHESA o similar	143.00	Pieza			
6010000	Cruceta fabricada en perfil C, de 101.6 x 40 x 4.35 mm, tipo C4S extendida (9m) en; galvanizada por inmersión en caliente. Cat. CRUC4S-01; Mca. COONHESA o similar	3.00	Pieza			
6010000	Cruceta fabricada a base de angulo de lados iguales, de 101.6 x 9.52 mm, tipo A4R; galvanizada por inmersión en caliente. Cat. CRUAN-02; Mca. CONHESA o similar	141.00	Pieza			
6010000	Perno Doble Rosca (DR 16x457); fabricado en redondo de acero de 15.88 mm, roscado en ambos extremos con puntas redondeadas; acabado galvanizado por inmersión en caliente. Incluye 4	9.00	Pieza			
A prorrogar. . . .						0.00

Imagen 14. Ejemplo de una requisición de compras.

Transiciones, zanjas y cruces de caminos.

Por especificación del cliente y necesidades del proyecto, algunos conductores debían encontrarse debajo del terreno natural, tanto en las salidas de los aerogeneradores como en los cruces del Bus Colector en los caminos, ya que la instalación aérea no debía cruzar sobre los caminos interiores para permitir la maniobra correcta de montaje de equipos y el mantenimiento a futuro.

Las zanjas para los cruces de caminos subterráneos fueron desarrollados en conjunto con los especialistas de Ingeniería Civil en nuestro departamento de ingeniería. Las zanjas en todos los cruces no debían tener más de 1.20[m] de profundidad, dispuestos a alojar tercias de ductos de PEAD. Se tuvieron 3 secciones tipo de tubería para alojar los conductores XLPE-TR.

La primera sección es una zanja de 0.46[m] de ancho y de al menos 1.50 [m] de profundidad, dicha profundidad podía variar dependiendo de las condiciones en donde se encuentre el cruce de caminos. Cuenta con una plantilla de arena de 0.05[m] de espesor para evitar el crecimiento de vegetación debajo del paso de las tuberías; tres ductos de tubería de polietileno de alta densidad (tipo PEAD) de 153.4[mm] (6[in]) para transportar cada uno un conductor tipo XLPE-TR, separados al menos 0.05[m] de las paredes de la zanja; dos ductos de tubería de polietileno de alta densidad (tipo PEAD) de 50[mm] (2[in]) un ducto para transportar fibra óptica bajo el camino y otro ducto como tubería de reserva; éstos ductos están embebidos en un relleno de concreto de $f_c=200$ de 60[cm] de profundidad en la zanja; sobre el concreto se colocará material proveniente de banco de material en una capa de 0.35[m]; se marcará la zanja con una cinta de señalización preventiva plástica en color amarillo, indicando que debajo se encuentra una red de media tensión; finalmente, se cerrará la zanja con el material extraído inicialmente de la excavación hasta llenarla por completo al nivel de terreno natural. (Ver *Imagen 17*)

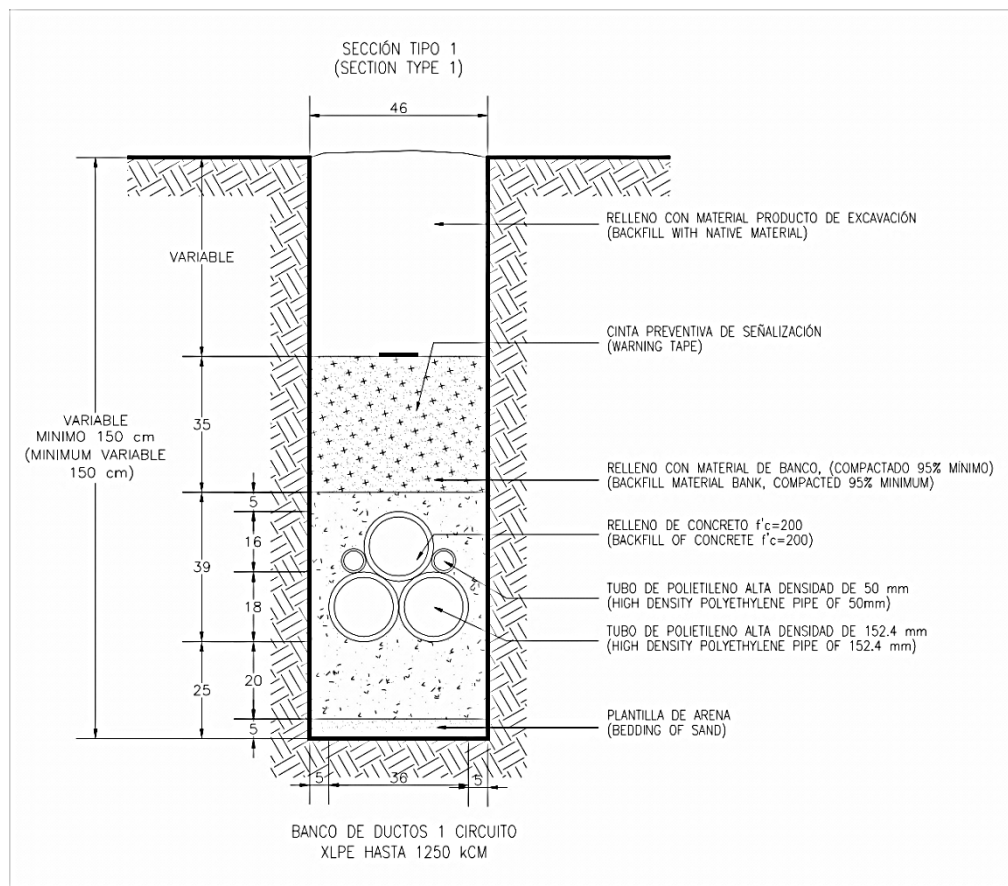


Imagen 17. Detalle típico sección 1 de cruce de caminos; extracto de plano de detalles.

Diagramas unifilares.

Finalmente, toda la información obtenida en el diseño del proyecto fue plasmada en los diagramas unifilares solicitados por el cliente. Dichos diagramas unifilares se entregaban por circuito, en inglés y español sobre el mismo plano. Son utilizados para comprender la configuración de los circuitos y el parque eólico en general. Elaboré los diagramas unifilares correspondientes a cada circuito, reflejando todos los elementos del diseño.

Los diagramas contienen simbólicamente los aerogeneradores, indicando el circuito al que pertenecen con su letra en mayúscula y el número consecutivo que le corresponde. Los aerogeneradores indicados con la letra P fueron agregados al proyecto e indicaban aerogeneradores Provisionales que finalmente conformaron el proyecto final, su nomenclatura no cambió ya que las identificaciones de los generadores siempre fueron dictadas por el cliente; los tramos indicados con líneas segmentadas indican secciones del Bus Colector instaladas de forma aérea y con conductor desnudo (ACSR); los tramos indicados con líneas continuas y de mayor grosor, indican tramos subterráneos en conductor XLPE-TR, en salidas de aerogeneradores y en cruces de caminos que incluyen un solo registro en alguno de los extremos; se indican los tipos de estructuras en donde el bus cambiaba de aéreo a subterráneo y viceversa, cada estructura contiene su número de identificación dentro del circuito al que corresponde; finalmente, cada tramo de bus indica el conductor que le corresponde en calibre y longitud. (Ver *Imagen 19*)

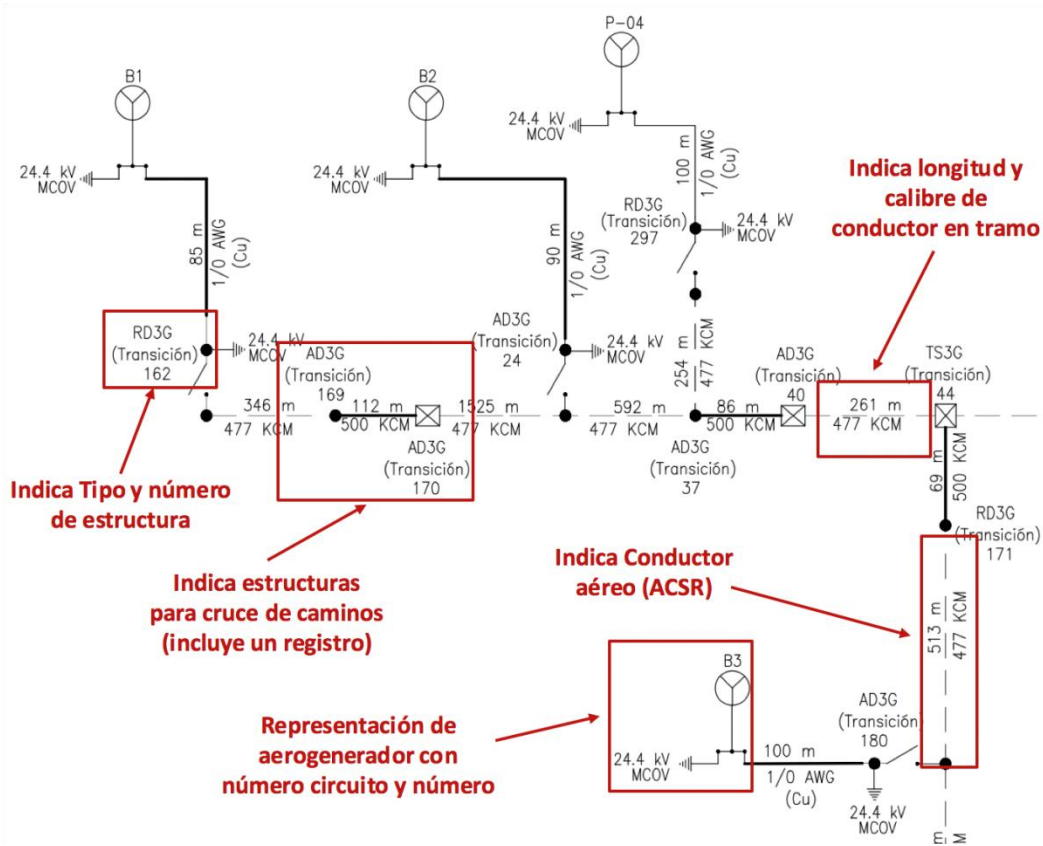


Imagen 19.. Identificación de elementos que componen un diagrama unifilar; extracto de plano diagrama unifilar circuito B, ver Anexo 6.

Conclusiones.

Mi oportunidad de desarrollo profesional dentro de SESELEC me permitió profundizar el conocimiento adquirido en mi formación académica y proyectos anteriores, me permitió estar en contacto con un proyecto, desde la idea y la necesidad de cómo diseñar una instalación eléctrica hasta el visualizar en sitio cómo se instalan los equipos necesarios para concretar esa idea en algo tangible para el desarrollo de la sociedad. Los trabajos desarrollados dentro del diseño del Bus Colector en cálculo y planeación de infraestructura eléctrica me permitieron abrir mi percepción del por qué se utiliza una metodología en específico para el avance de un proyecto y así lograr el correcto funcionamiento de todos los elementos que lo conforman.

El elaborar los planos que servirían como base en este proyecto fueron pieza clave del correcto funcionamiento del mismo; la coordinación con las diferentes disciplinas con las que trabaja un departamento de ingeniería para llegar a una misma meta; el monitoreo de la compra de materiales, envíos a sitio para montaje, asesorías entre personal para la instalación y visitas al proyecto; todos éstos elementos enriquecen la labor del ingeniero día con día y lo preparan para los proyectos que vengan a futuro.

La oportunidad y trabajo constante en éste proyecto, me permitieron trabajar en la oferta y desarrollo de dos proyectos similares dentro de la empresa, un parque eólico en Palo Alto, Aguascalientes que tenía elementos de diseño similares al presente proyecto; y el pre diseño de un parque eólico a las afueras de Cd. Victoria, Tamaulipas, y que aún se encuentra en fase de planeación, conformado por un Bus Colector de media tensión subterráneo; proyectos de infraestructura para plantas de generación de ciclo combinado y remodelaciones para infraestructura eléctrica de plantas de alimentación y manufactura.

México aún no se encuentra entre los países líderes de aprovechamiento de energía eólica a nivel mundial, sin embargo se encuentra en una transición en éste rubro debido al crecimiento de la industria por inversión internacional que demanda la utilización de energías renovables en sus procesos de producción. La apertura de mercados en el sector energético vislumbran un panorama de crecimiento de la infraestructura y el sistema eléctrico nacional para alcanzar un lugar entre los líderes mundiales de transformación y aprovechamiento de energías limpias, promoviendo la generación de empleos y la oportunidad a la ingeniería mexicana de destacarse a nivel mundial.

Anexo 1. Extracto de cálculo de capacidades de conductores, Viakon



02 de julio de 2015
Tlalnepantla, Edo. de Mex.

SESELEC

Atención: Luis Sánchez

Proyecto: Parque Eólico La BUFA

Asunto: Resistencia, reactancia, capacitancia y ampacidad

Estimado Luis Sánchez atendiendo a su solicitud envío la información solicitada, basándonos en los datos que nos proporcione.

DATOS DE LA INSTALACIÓN 1

Frecuencia de operación: 60 Hz

Vía: Subterránea

Conexión: 3F 3H

Cables por fase: 1

Voltaje: 34.50 kV

Cable (Aislado) tipo: VIAKON DS_XLP_35.00 kV_100%_con PM_Cu

Conductor: Cobre Suave

Aislamiento: Polietileno de Cadena Cruzada

Pantalla Metálica: [Alambres] Cobre Suave

Cubierta exterior: PVC

Calibre: 1/0 AWG



Resistividad térmica del terreno: 90 °C-cm/W

Temperatura ambiente: 15.5 °C

Temperatura del conductor: 90 °C

Pantallas: En dos o más puntos sin transposición

Ductos en banco de concreto

Categoría de ductos: Polietileno Alta Densidad

Profundidad (P): 1.2 m.

Ancho del banco (L): 0.31 m

Alto del banco (H): 0.31 m

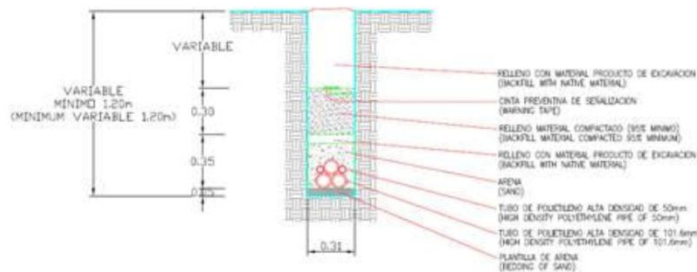


Imagen proporcionada por SESELEC

DATOS DE LA INSTALACIÓN 3

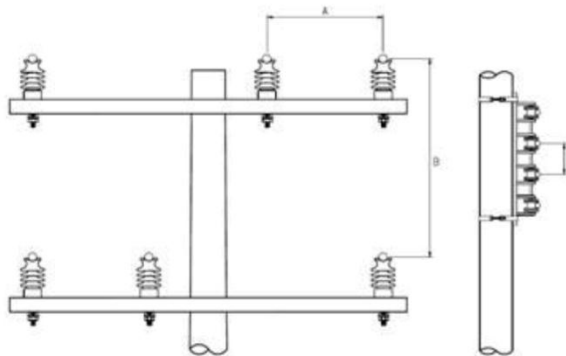
Frecuencia de operación: 60 Hz
Vía: Al aire
Instalación: Líneas aéreas
Conexión: 3F 3H
Cables por fase: 1
Voltaje: 34.50 kV

Cable (Desnudo) tipo: ACSR
Conductor: Aluminio/Acero
Calibre: 477 kcmil Hawk
Hilo de guarda: AAS 7#8

Altitud aproximada: 2400 m.
Latitud norte: 23°
Azimuth de línea: 90°
Atmosfera: Limpia
Temperatura Ambiente: 30.0 °C
Temperatura del conductor: 75.0 °C
Velocidad del Viento: 160 km/hr
Factor de Emisividad: 0.5
Factor de absorción solar: 0.5
Factor de carga: 100.00%

**Distribución de cables:**

Aéreo en postes de 13 m de alto
Separación entre cables de mínimo de 0.56 m fase más cercanas y 0.62 m fases más alejadas



La separación es en centímetros.

Imagen proporcionada por SESELEC

RESULTADOS



CONDUCTORES AISLADOS						
DESIGNACIÓN (AWG/kcmil)	TIPO DE CABLE, TEMPERATURA DE OPERACIÓN	TIPO DE INSTALACIÓN	RESISTENCIA ELÉCTRICA EN CA A LA TEMP DE OP (Ω /km)	REACTANCIA (Ω /km)	IMPEDANCIA (Ω /km)	AMPACIDAD TOTAL (A)
			SECUENCIA POS Y NEG	SECUENCIA POS Y NEG	SECUENCIA POS Y NEG	
1/0	Cu, XLPE-TR, 35 kV, 100 %, 90 °C.	1	0.4673	0.2588	0.5342	277
1/0	Al, XLPE-TR, 35 kV, 100 %, 90 °C.		0.7778	0.2588	0.8197	176
2/0			0.6008	0.2501	0.6508	202
3/0			0.4736	0.2414	0.5316	230
4/0			0.3687	0.2327	0.4360	264
500			0.154	0.2	0.2524	391
1000			0.079	0.1738	0.1909	607
1250			0.0625	0.1653	0.1767	679
1/0			Al, XLPE-TR, 35 kV, 100 %, 90 °C.	0.7779	0.2589	0.8199
2/0	0.6008	0.2501		0.6508	358	
3/0	0.4736	0.2414		0.5316	406	
4/0	0.3687	0.2328		0.4360	464	
500	0.154	0.2003		0.2527	674	
1000	0.0786	0.1738		0.1906	1042	
1250	0.0625	0.1653		0.1767	1162	
CONDUCTORES DESNUDOS						
477	ACSR - HAWK, 75°C	3	0.1462	0.3321	0.3553	1882 941
1113	ACSR - BLUEJAY, 75°C	4	0.0629	0.3792	0.3831	1567
1113	ACSR - BLUEJAY, 75°C	5	0.0629	0.4694	0.4725	1567
1113	ACSR - BLUEJAY, 75°C	6	0.0629	0.4825	0.4855	1567

Nota 1: Conductores Monterrey S.A. de C.V. no asume responsabilidad alguna por situaciones o factores externos al uso de estos resultados. Las variaciones en algunos de los resultados mostrados se deben a redondeos de los algoritmos de cálculo y variaran al cambiar las condiciones indicadas.

Nota 2: Cualquier cambio en los datos afectara los resultados.

Nota 3: Para las instalaciones 2 y 3 se consideran dos cables por fase.

Me reitero a sus órdenes para cualquier duda o comentario.

Omar Ocampo Pérez
Ingeniero Técnico Comercial

Anexo 2. Extracto, Memoria de cálculo de cables, caídas de tensión y pérdidas de Bus Colector.

PROYECTO: LA BUFA ZACATECAS WIND ENERGY PROJECT 34.5-230 kV					
CLIENTE: 					
CONSORCIO: 					
EMISOR:  <small>Servicios & Soluciones Electromecánicas S.A. de C.V.</small>					
TITULO: MEMORIA DE CALCULO DE CABLES, CAÍDAS DE TENSIÓN Y PÉRDIDAS BUS COLECTOR					
CODIGO	REVISIÓN	FECHA	HOJAS TOTALES DEL DOCUMENTO		
LBU-SES-ID-BC-E-MC-001	D	15/02/16	20		
ELABORO	REVISO		AUTORIZO		
Ing. Luis Alberto Sánchez Gutiérrez Ingeniero de Proyectos	Ing. Armando Durán Neria Coordinador de Ingeniería		Ing. Juan Andrés Burgos Velázquez Gerente de Ingeniería		
Firma	Firma		Firma		

CONTROL DE CAMBIOS					
Propósito Ingeniería	Estado del documento	Revisión	Fecha de edición	Descripción/Modificación	Sección Mejorada
PA	R	0	13/04/15	Primera Edición	N/A
PA	R	A	01/07/15	Actualización Valores de R, X y Ampacidades	1
PA	R	B	09/07/15	Incremento de cable 1000 a 1250 KCM	4
PA	R	C	16/07/15	Revisión General	Todas
PA	R	D	15/02/16	SE actualiza Ampacidad de Conductores	Todas

Reservados todos los derechos sobre el presente documento y la información contenida en éste. Queda prohibida su reproducción, ya sea parcial o total, uso o revelación a terceros sin contar con la autorización expresa por parte de **Servicios & Soluciones Electromecánicas S.A. de C.V.**, Leblitz No. 13 piso 7, Col. Nueva Anzures, 11590, México D.F., Tel. 52 (55) 5262-1900, www.seselec.mx



MEMORIA DE CALCULO DE CABLES, CAÍDAS DE TENSION Y PÉRDIDAS

CODIGO	REVISIÓN	FECHA	HOJA
LBU-SES-ID-BC-E-MC-001	D	15/02/16	3 de 20

1. OBJETIVO

Esta memoria de cálculo tiene como objeto seleccionar adecuadamente el calibre de los conductores que recolectarán la energía proveniente de los aerogeneradores a través de los 5 circuitos en los que se encuentran distribuidos y llevarla hasta la Subestación Elevadora, dentro del proyecto La Bufa Zacatecas Wind Energy Project 34.5-230 kV, en el estado de Zacatecas, México

2. NORMAS QUE APLICAN


La normatividad aplicable para el cálculo de los conductores que alimentaran a los equipos de los servicios propios, se indica a continuación:

- NOM 001 SEDE 2012 Norma Oficial Mexicana
- IEEE Std. 242 Práctica recomendada para Protección y Coordinación de Industriales y Sistemas de Energía Comercial
- IEEE Std. 738 Standard for Calculating the Current-Temperature relationship of Bare Overhead Conductors

3. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

Para la elaboración de este cálculo se consideran los siguientes documentos:

- | | |
|----------------------------|-------------------|
| a) LBU-SES-ID-BC-E-PL-002A | PLANTA CIRCUITO A |
| b) LBU-SES-ID-BC-E-PL-002B | PLANTA CIRCUITO B |
| c) LBU-SES-ID-BC-E-PL-002C | PLANTA CIRCUITO C |
| d) LBU-SES-ID-BC-E-PL-002D | PLANTA CIRCUITO D |
| e) LBU-SES-ID-BC-E-PL-002E | PLANTA CIRCUITO E |
| f) LBU-SES-ID-BC-E-PL-011 | DU CTO A |
| g) LBU-SES-ID-BC-E-PL-012 | DU CTO B |
| h) LBU-SES-ID-BC-E-PL-013 | DU CTO C |
| i) LBU-SES-ID-BC-E-PL-014 | DU CTO D |
| j) LBU-SES-ID-BC-E-PL-015 | DU CTO E |

 <small>Servicios & Soluciones Electromecánicas S.A. de C.V.</small>	MEMORIA DE CALCULO DE CABLES, CAÍDAS DE TENSIÓN Y PÉRDIDAS			
	CÓDIGO	REVISIÓN	FECHA	HOJA
	LBU-SES-ID-BC-E-MC-001	D	14/02/16	15 de 20

3 RESUMEN DE PÉRDIDAS DE POTENCIA

Datos del Parque	
Numero de aerogeneradores	90
Potencia aerogeneradores	2,000 kW
Nivel de tensión	34.50 kV

Capacidad total del Parque Eolico

180,000 kW

Pérdida de los transformadores en aerogenerador	2,538.00 kW	Nota 1
Pérdida conductor trazo a la celda	5.90 kW	Nota 2
Pérdida de potencia Cables MT	3,065.07 kW	

1.4100%	% De Perdida de los transformadores en aerogenerador
0.0033%	% De Perdida conductor trazo a la celda
2.0361%	% De Pérdida de potencia Cables MT

Pérdida de potencia Total en los circuitos colectores de MT	3,665.07 kW
% de pérdidas de potencia Total en MT	2.0361%

Porcentaje Total de Perdidas del Parque Eolico	3.4494%
---	----------------

Pérdida de potencia Total del Parque Eolico	6,208.96 kW
% de pérdidas de potencia Totales del Parque Eolico	3.4494%

DONDE:

Pérdida de potencia (KW) =

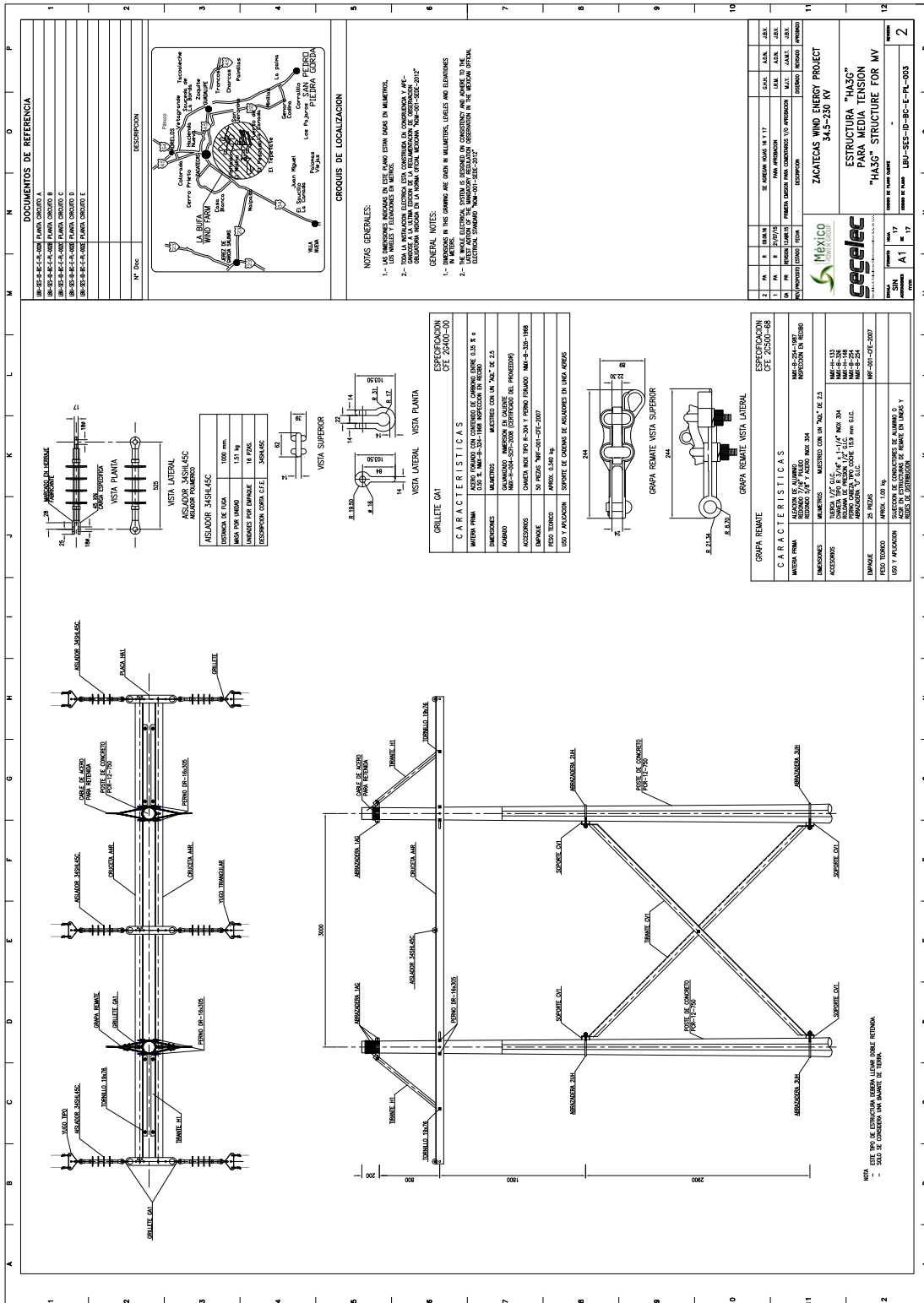
Suma de las Perdidas de Potencia

% Pérdidas de potencia =

Suma de las Perdidas de Potencia / Potencia Total del Parque

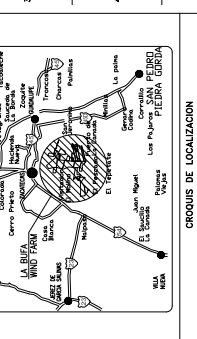
Notas:

1. Las pérdidas mostradas son la suma de las pérdidas indicadas en el anexo 1
2. Deberá ser verificado por ECI / GAMESA



DOCUMENTOS DE REFERENCIA

1	IM-SS-28-C-E-001	WIND TURBINE FOUNDATION
2	IM-SS-28-C-E-002	WIND TURBINE FOUNDATION
3	IM-SS-28-C-E-003	WIND TURBINE FOUNDATION
4	IM-SS-28-C-E-004	WIND TURBINE FOUNDATION
5	IM-SS-28-C-E-005	WIND TURBINE FOUNDATION
6	IM-SS-28-C-E-006	WIND TURBINE FOUNDATION
7	IM-SS-28-C-E-007	WIND TURBINE FOUNDATION
8	IM-SS-28-C-E-008	WIND TURBINE FOUNDATION
9	IM-SS-28-C-E-009	WIND TURBINE FOUNDATION
10	IM-SS-28-C-E-010	WIND TURBINE FOUNDATION
11	IM-SS-28-C-E-011	WIND TURBINE FOUNDATION
12	IM-SS-28-C-E-012	WIND TURBINE FOUNDATION



NOTAS GENERALES:

- 1- LAS DIMENSIONES INDICADAS EN ESTE PLANO DEBEN DARSE EN MILIMETROS.
- 2- LOS PUNTES Y ELEVACIONES DE REFERENCIA SON LAS INDICADAS EN EL PLANO DE LOCALIZACION Y EN EL PLANO DE LOCALIZACION DE REFERENCIA.

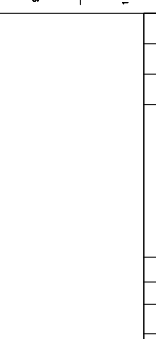
GENERAL NOTES:

- 1- THE DIMENSIONS INDICATED IN THIS DRAWING ARE GIVEN IN MILLIMETERS, UNITS AND DIMENSIONS.
- 2- THE REFERENCE POINTS AND ELEVATIONS ARE INDICATED IN THE LOCATION PLAN AND THE LOCATION PLAN OF REFERENCE.

ESPECIFICACION DE 2000-00

CARACTERISTICAS

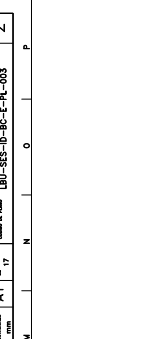
UNIDAD PRIMA	2000-00
UNIDADES	MILIMETROS
MAQUINA	MANEJADO CON UN 70% DE 2.5
ACCESORIOS	CONJUNTO DE MONTAJE EN LA PARTE DEL PROYECTOR
EMPAQUE	20 PIEZAS, IMP-001-01-2007
TIPO TORNILLO	IMP-001-01-2007
USO Y PREVISION	SOPORTE DE CONEXION DE ANCLAJES EN UNA AREAS



ESPECIFICACION DE 2000-08

CARACTERISTICAS

UNIDAD PRIMA	2000-08
UNIDADES	MILIMETROS
MAQUINA	MANEJADO CON UN 70% DE 2.5
ACCESORIOS	TIPO DE S.O.C. IMP-001-01-2007
EMPAQUE	25 PIEZAS, IMP-001-01-2007
TIPO TORNILLO	IMP-001-01-2007
USO Y PREVISION	GRUPO DE CONEXION DE ALUMBRADO EN UNA AREA



ESPECIFICACION DE 2000-08

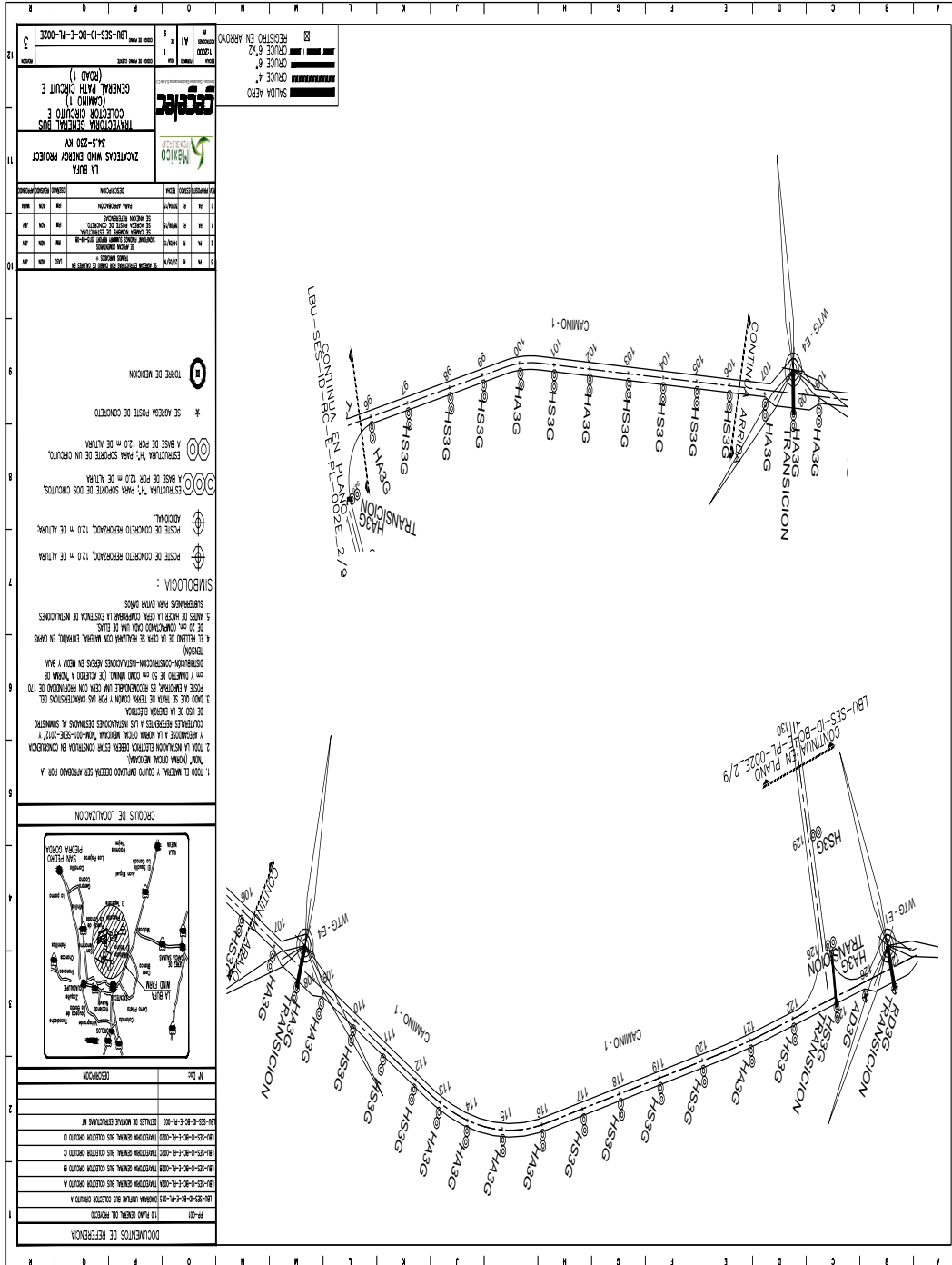
CARACTERISTICAS

UNIDAD PRIMA	2000-08
UNIDADES	MILIMETROS
MAQUINA	MANEJADO CON UN 70% DE 2.5
ACCESORIOS	TIPO DE S.O.C. IMP-001-01-2007
EMPAQUE	25 PIEZAS, IMP-001-01-2007
TIPO TORNILLO	IMP-001-01-2007
USO Y PREVISION	GRUPO DE CONEXION DE ALUMBRADO EN UNA AREA

NOTA: ESTE PUNTO DE ESTRUCTURA DEBE SER UNO DE LOS PUNTO DE ANCLAJE DE LA ESTRUCTURA DE LA TORRE.

- SOLO SE CONSIDERA UN PUNTO DE ANCLAJE.

Anexo 4. Extracto, planos de trayectoria general de Bus Colector, circuito A.



DOCUMENTOS DE REFERENCIA	
1	1.0 PLANO GENERAL DE PROYECTO
2	1.1 PLANO GENERAL DE PROYECTO
3	1.2 PLANO GENERAL DE PROYECTO
4	1.3 PLANO GENERAL DE PROYECTO
5	1.4 PLANO GENERAL DE PROYECTO
6	1.5 PLANO GENERAL DE PROYECTO
7	1.6 PLANO GENERAL DE PROYECTO
8	1.7 PLANO GENERAL DE PROYECTO
9	1.8 PLANO GENERAL DE PROYECTO
10	1.9 PLANO GENERAL DE PROYECTO
11	1.10 PLANO GENERAL DE PROYECTO
12	1.11 PLANO GENERAL DE PROYECTO

COORDENADAS DE LOCALIZACION	
1	251138.95
2	251139.00
3	251139.05
4	251139.10
5	251139.15
6	251139.20
7	251139.25
8	251139.30
9	251139.35
10	251139.40
11	251139.45
12	251139.50
13	251139.55
14	251139.60
15	251139.65
16	251139.70
17	251139.75
18	251139.80
19	251139.85
20	251139.90
21	251139.95
22	251140.00
23	251140.05
24	251140.10
25	251140.15
26	251140.20
27	251140.25
28	251140.30
29	251140.35
30	251140.40
31	251140.45
32	251140.50
33	251140.55
34	251140.60
35	251140.65
36	251140.70
37	251140.75
38	251140.80
39	251140.85
40	251140.90
41	251140.95
42	251141.00
43	251141.05
44	251141.10
45	251141.15
46	251141.20
47	251141.25
48	251141.30
49	251141.35
50	251141.40
51	251141.45
52	251141.50
53	251141.55
54	251141.60
55	251141.65
56	251141.70
57	251141.75
58	251141.80
59	251141.85
60	251141.90
61	251141.95
62	251142.00
63	251142.05
64	251142.10
65	251142.15
66	251142.20
67	251142.25
68	251142.30
69	251142.35
70	251142.40
71	251142.45
72	251142.50
73	251142.55
74	251142.60
75	251142.65
76	251142.70
77	251142.75
78	251142.80
79	251142.85
80	251142.90
81	251142.95
82	251143.00
83	251143.05
84	251143.10
85	251143.15
86	251143.20
87	251143.25
88	251143.30
89	251143.35
90	251143.40
91	251143.45
92	251143.50
93	251143.55
94	251143.60
95	251143.65
96	251143.70
97	251143.75
98	251143.80
99	251143.85
100	251143.90
101	251143.95
102	251144.00
103	251144.05
104	251144.10
105	251144.15
106	251144.20
107	251144.25
108	251144.30
109	251144.35
110	251144.40
111	251144.45
112	251144.50
113	251144.55
114	251144.60
115	251144.65
116	251144.70
117	251144.75
118	251144.80
119	251144.85
120	251144.90
121	251144.95
122	251145.00
123	251145.05
124	251145.10
125	251145.15
126	251145.20
127	251145.25
128	251145.30
129	251145.35
130	251145.40
131	251145.45
132	251145.50
133	251145.55
134	251145.60
135	251145.65
136	251145.70
137	251145.75
138	251145.80
139	251145.85
140	251145.90
141	251145.95
142	251146.00
143	251146.05
144	251146.10
145	251146.15
146	251146.20
147	251146.25
148	251146.30
149	251146.35
150	251146.40
151	251146.45
152	251146.50
153	251146.55
154	251146.60
155	251146.65
156	251146.70
157	251146.75
158	251146.80
159	251146.85
160	251146.90
161	251146.95
162	251147.00
163	251147.05
164	251147.10
165	251147.15
166	251147.20
167	251147.25
168	251147.30
169	251147.35
170	251147.40
171	251147.45
172	251147.50
173	251147.55
174	251147.60
175	251147.65
176	251147.70
177	251147.75
178	251147.80
179	251147.85
180	251147.90
181	251147.95
182	251148.00
183	251148.05
184	251148.10
185	251148.15
186	251148.20
187	251148.25
188	251148.30
189	251148.35
190	251148.40
191	251148.45
192	251148.50
193	251148.55
194	251148.60
195	251148.65
196	251148.70
197	251148.75
198	251148.80
199	251148.85
200	251148.90
201	251148.95
202	251149.00
203	251149.05
204	251149.10
205	251149.15
206	251149.20
207	251149.25
208	251149.30
209	251149.35
210	251149.40
211	251149.45
212	251149.50
213	251149.55
214	251149.60
215	251149.65
216	251149.70
217	251149.75
218	251149.80
219	251149.85
220	251149.90
221	251149.95
222	251150.00
223	251150.05
224	251150.10
225	251150.15
226	251150.20
227	251150.25
228	251150.30
229	251150.35
230	251150.40
231	251150.45
232	251150.50
233	251150.55
234	251150.60
235	251150.65
236	251150.70
237	251150.75
238	251150.80
239	251150.85
240	251150.90
241	251150.95
242	251151.00
243	251151.05
244	251151.10
245	251151.15
246	251151.20
247	251151.25
248	251151.30
249	251151.35
250	251151.40
251	251151.45
252	251151.50
253	251151.55
254	251151.60
255	251151.65
256	251151.70
257	251151.75
258	251151.80
259	251151.85
260	251151.90
261	251151.95
262	251152.00
263	251152.05
264	251152.10
265	251152.15
266	251152.20
267	251152.25
268	251152.30
269	251152.35
270	251152.40
271	251152.45
272	251152.50
273	251152.55
274	251152.60
275	251152.65
276	251152.70
277	251152.75
278	251152.80
279	251152.85
280	251152.90
281	251152.95
282	251153.00
283	251153.05
284	251153.10
285	251153.15
286	251153.20
287	251153.25
288	251153.30
289	251153.35
290	251153.40
291	251153.45
292	251153.50
293	251153.55
294	251153.60
295	251153.65
296	251153.70
297	251153.75
298	251153.80
299	251153.85
300	251153.90
301	251153.95
302	251154.00
303	251154.05
304	251154.10
305	251154.15
306	251154.20
307	251154.25
308	251154.30
309	251154.35
310	251154.40
311	251154.45
312	251154.50
313	251154.55
314	251154.60
315	251154.65
316	251154.70
317	251154.75
318	251154.80
319	251154.85
320	251154.90
321	251154.95
322	251155.00
323	251155.05
324	251155.10
325	251155.15
326	251155.20
327	251155.25
328	251155.30
329	251155.35
330	251155.40
331	251155.45
332	251155.50
333	251155.55
334	251155.60
335	251155.65
336	251155.70
337	251155.75
338	251155.80
339	251155.85
340	251155.90
341	251155.95
342	251156.00
343	251156.05
344	251156.10
345	251156.15
346	251156.20
347	251156.25
348	251156.30
349	251156.35
350	251156.40
351	251156.45
352	251156.50
353	251156.55
354	251156.60
355	251156.65
356	251156.70
357	251156.75
358	251156.80
359	251156.85
360	251156.90
361	251156.95
362	251157.00
363	251157.05
364	251157.10
365	251157.15
366	251157.20
367	251157.25
368	251157.30
369	251157.35
370	251157.40
371	251157.45
372	251157.50
373	251157.55
374	251157.60
375	251157.65
376	251157.70
377	251157.75
378	251157.80
379	251157.85
380	251157.90
381	251157.95
382	251158.00
383	251158.05
384	251158.10
385	251158.15
386	251158.20
387	251158.25
388	

Anexo 5. Extracto, cuantificación de estructuras y materiales para Bus Colector.

Ref. No. Estructura o MPE CFE	Unidad	Descripción Cota	Descripción Material, Cnt.	LISTA DE MATERIALES BUS COLECTOR (ESTRUCTURAS)														
				CANTIDAD TOTAL	RDOS TRANS	1300 TRANS	772	5	723	83	114	21	205	38	46	71	15	
1	Pza	Pisa de concreto PCE-1/30	Pisa de concreto Relicada PCE-1/30, Mca. Concreto Mecanico a seller aprobado.	208	85	772	5	723	83	114	21	205	38	46	71	15		
2	Pza	Costra P200	Costra fabricada en el taller de 10'x14'x0.4" Mca. MPE-200, galvanizada por inmersión en caliente. Cal. FERDOR-200, Mca. CONWESA a seller aprobado.	912	0	0	0	144	196	0	0	0	0	0	0	0		
3	Pza	Costra CR	Costra fabricada en el taller de 10'x14'x0.4" Mca. MPE-200, galvanizada por inmersión en caliente. Cal. FERDOR-200, Mca. CONWESA a seller aprobado.	176	170	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
4	Pza	Costra CRT	Costra fabricada en el taller de 10'x14'x0.4" Mca. MPE-200, galvanizada por inmersión en caliente. Cal. FERDOR-200, Mca. CONWESA a seller aprobado.	77	0	772	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
5	Pza	Costra CR	Costra fabricada en el taller de 10'x14'x0.4" Mca. MPE-200, galvanizada por inmersión en caliente. Cal. FERDOR-200, Mca. CONWESA a seller aprobado.	369	0	0	0	0	0	114	21	0	0	0	219	45		
6	Pza	Costra CR Estrecha	Costra fabricada en el taller de 10'x14'x0.4" Mca. MPE-200, galvanizada por inmersión en caliente. Cal. FERDOR-200, Mca. CONWESA a seller aprobado.	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	46	0	0		
7	Pza	Costra AR	Costra fabricada base de argamasa de 10'x14'x0.4" Mca. MPE-200, galvanizada por inmersión en caliente. Cal. FERDOR-200, Mca. CONWESA a seller aprobado.	574	0	0	0	0	0	0	0	420	76	0	73	15		
8	Pza	Costra AR Estrecha	Costra fabricada base de argamasa de 10'x14'x0.4" Mca. MPE-200, galvanizada por inmersión en caliente. Cal. FERDOR-200, Mca. CONWESA a seller aprobado.	268	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92	146	30		
9	Pza	Piso P20 181 457	Piso P20 181 457 fabricado en el taller de 15'x18' Mca. MPE-200, galvanizada por inmersión en caliente. Cal. FERDOR-200, Mca. CONWESA a seller aprobado.	372	340	0	0	292	332	0	0	0	0	138	0	0		
10	Pza	Piso P20 181 325	Piso P20 181 325 fabricado en el taller de 15'x18' Mca. MPE-200, galvanizada por inmersión en caliente. Cal. FERDOR-200, Mca. CONWESA a seller aprobado.	208	0	0	0	0	0	0	0	205	152	0	118	240		
11	Pza	Piso P20 181 428	Piso P20 181 428 fabricado en el taller de 15'x18' Mca. MPE-200, galvanizada por inmersión en caliente. Cal. FERDOR-200, Mca. CONWESA a seller aprobado.	138	0	0	0	0	0	0	0	0	0	138	0	0		
12	Pza	Piso 487T	Piso 487T fabricado en el taller de aluminio. Cal. FERDOR-200, Mca. CONWESA a seller aprobado.	178	170	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
13	Pza	Piso de 80	Piso de 80 fabricado en el taller de aluminio. Cal. FERDOR-200, Mca. CONWESA a seller aprobado.	334	170	0	0	292	332	0	0	0	0	0	0	0		
14	Pza	Módulo RE	Módulo RE fabricado en el taller de aluminio. Cal. FERDOR-200, Mca. CONWESA a seller aprobado.	167	85	0	0	144	196	0	0	0	0	0	0	0		
15	MPE CFE	Módulo 4054-605-604	Módulo 4054-605-604 fabricado en el taller de aluminio. Cal. FERDOR-200, Mca. CONWESA a seller aprobado.	676	205	0	0	420	490	50	65	114	276	219	45	3		
16	MPE CFE	Módulo R (1)	Módulo R (1) fabricado en el taller de aluminio. Cal. FERDOR-200, Mca. CONWESA a seller aprobado.	84	0	0	0	0	0	0	0	43	76	164	30	0		
17	MPE CFE	Piso 181 457	Piso 181 457 fabricado en el taller de aluminio. Cal. FERDOR-200, Mca. CONWESA a seller aprobado.	369	340	0	0	292	332	0	0	0	0	0	0	0		
18	MPE CFE	Piso 181 428	Piso 181 428 fabricado en el taller de aluminio. Cal. FERDOR-200, Mca. CONWESA a seller aprobado.	138	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
19	MPE CFE	Piso 487T	Piso 487T fabricado en el taller de aluminio. Cal. FERDOR-200, Mca. CONWESA a seller aprobado.	178	170	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

