COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA
ICAI

MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER

LÍNEA DE EVACUACIÓN EN SIMPLE CIRCUITO 220KV PARA LA EVACUACIÓN DE LA POTENCIA DE UN PARQUE EÓLICO DE 180 MW

Autor: Manuel Arjona Carrasco

Director: Pablo Mercado Bautista

Madrid

Agosto de 2022

Índice de contenido

Memoria Técnica

Alineamiento con los Objetivos de Desarrollo Sostenible

Planos

Pliego de Condiciones

Estudio de Seguridad y Salud

Valoración económica



MEMORIA TÉCNICA

Línea de evacuación simple circuito 220 kV para un parque eólico de 180 MW

Manuel Arjona Carrasco

25/08/2022

2ºA

Máster en Ingeniería Industrial y MBA

LÍNEA DE EVACUACIÓN SIMPLE CIRCUITO 220 KV PARA UN PARQUE EÓLICO DE 180 MW

Autor: Arjona Carrasco, Manuel

Director: Mercado Bautista, Pablo

Entidad Colaboradora: ICAI - Universidad Pontificia Comillas

RESUMEN DEL PROYECTO

En el presente proyecto se llevará a cabo el análisis, diseño y cálculo de una línea de evacuación, aérea en su totalidad, en simple circuito de 220 kV para un parque eólico de 180 MW.

La ubicación de la línea de transporte en Alta Tensión se localiza dentro del término municipal de Almaraz, municipio de la provincia de Cáceres (Extremadura) y permite la comunicación entre el Parque Eólico "Almaraz I" y el centro de subestación más cercano, "Almaraz CN" para llevar a cabo el reparto de potencia hacia la red nacional de transporte.

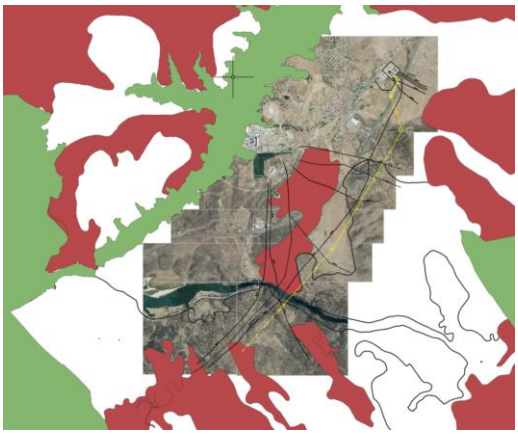
Las líneas de transporte de potencia son infraestructuras de uso público que no han sufrido importantes evoluciones tecnológicas en sus diseños y en cuanto a materiales, pero esa misma condición de ser estructuras tradicionales les hace ser completamente útiles y no generar grandes cantidades de problemas ni costos de mantenimiento durante su vida útil. En este proyecto se estableció el objetivo de conocer y desarrollar precisamente ese procedimiento de cálculo de una de estas infraestructuras.

METODOLOGÍA

En este apartado se presentan los diferentes capítulos expuestos de forma secuencial para el desarrollo del diseño de la línea de evacuación.

Capítulos
Afecciones en el emplazamiento de la línea
Trazado
Planta y perfil
Cálculo eléctrico para determinar el conductor
Cálculo mecánico de solicitaciones en conductores, en vanos de regulación y en apoyos
Tablas de tense
Catenarias de flecha máxima para la situación definitiva de los apoyos en el perfil
Selección de los apoyos
Cimentación
Sistema de puesta a tierra

RESULTADOS



Ubicación definitiva de la línea dentro de los términos municipales de Almaraz, Romagordo e Higuera

A continuación, adjunto una tabla con los detalles de las dimensiones definitivas de los apoyos diseñados para este tipo de línea que tendrán una disposición tresbolillo, según figura en la imagen que acompaña:





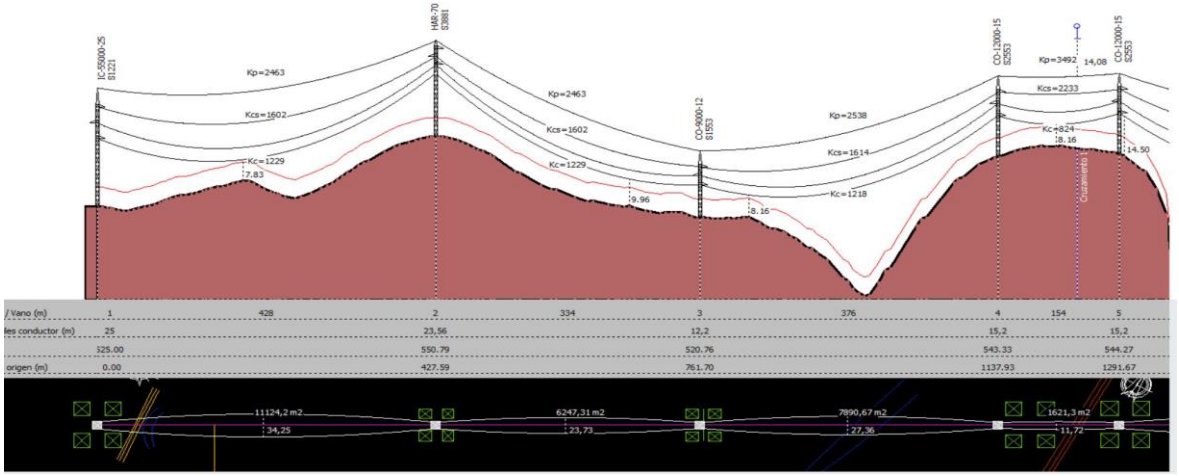
Nº apoyo	Tipo apoyo	Denominación	Modelo	Altura nominal (m)	Cruceta, a (m)	Distancia vertical, b (m)	Cruceta, c (m)	Cúpula (m)	Peso Torre (kg)
1	Fin línea	Cóndor	27000	27	3	3,33	3,2	4,3	7584
2	Suspensión	Halcón Real	9000	24	2,4	2	2,5	3,7	4002
3	Suspensión	Cóndor	9000	13	3	3,33	3,2	4,3	3996
4	Anclaje en alineación	Halcón Real	7000	15	2,4	2	2,5	3,7	3521
5	Anclaje en alineación	Halcón Real	9000	13	2,4	2	2,5	3,7	4235
6	Suspensión	Halcón Real	13000	20	2,4	2	2,5	3,7	5125
7	Suspensión	Cóndor	5000	20	3	3,33	3,2	4,3	3882
8	Suspensión	Cóndor	5000	20	3	3,33	3,2	4,3	3882
9	Amarre en alineación	Cóndor	9000	36	3	3,33	3,2	4,3	3996
10	Anclaje en ángulo	Cóndor	33000	36	3	3,33	3,2	4,3	12397
11	Suspensión	Cóndor	7000	32	3	3,33	3,2	4,3	6661
12	Suspensión	Cóndor	7000	29	3	3,33	3,2	4,3	6661
13	Suspensión	Cóndor	5000	18	3	3,33	3,2	4,3	3882
14	Anclaje en alineación	Cóndor	9000	18	3	3,33	3,2	4,3	3996
15	Amarre en alineación	Cóndor	9000	24	3	3,33	3,2	4,3	3996
16	Suspensión	Halcón Real	13000	27	2,4	2	2,5	3,7	5125
17	Amarre en alineación	Cóndor	9000	20	3	3,33	3,2	4,3	3996
18	Anclaje en ángulo	Cóndor	33000	20	3	3,33	3,2	4,3	5125
19	Suspensión	Halcón Real	5000	21	2,4	2	2,5	3,7	2456
20	Suspensión	Cóndor	9000	18	3	3,33	3,2	4,3	3996
21	Anclaje en ángulo	Cóndor	33000	27	3	3,33	3,2	4,3	8464
22	Amarre en ángulo	Cóndor	33000	33	3	3,33	3,2	4,3	10951
23	Fin línea	Cóndor	33000	29	3	3,33	3,2	4,3	9436

Tipos de apoyo definitivos empleados para la línea de evacuación proyectada

				Dimensiones (m)			Volúmen (m^3)	
Nº apoyo	Tipo apoyo	Denominación	Modelo	Ancho (a)	Altura (H)	Separación (c)	Excavación total	Hormigón total
1	Fin línea	Cóndor	27000	1,95	3,6	6,4	54,76	55,62
2	Suspensión	Halcón Real	9000	2,45	2,75	-	16,51	17,86
3	Suspensión	Cóndor	9000	1,05	2,45	3,8	10,8	11,05
4	Anclaje en alineación	Halcón Real	7000	1,88	2,46	-	8,69	9,49
5	Anclaje en alineación	Halcón Real	9000	1,93	2,53	-	9,42	10,26
6	Suspensión	Halcón Real	13000	2,21	2,91	-	14,21	15,31
7	Suspensión	Cóndor	5000	0,95	2,35	4,83	8,48	8,68
8	Suspensión	Cóndor	5000	0,95	2,35	4,83	8,48	8,68
9	Amarre en alineación	Cóndor	9000	1,25	2,7	7,97	8,48	8,83
10	Anclaje en ángulo	Cóndor	33000	2,15	3,8	7,97	8,48	9,52
11	Suspensión	Cóndor	7000	1,2	2,7	6,61	8,48	8,80
12	Suspensión	Cóndor	7000	1,15	2,7	6,2	14,28	14,58
13	Suspensión	Cóndor	5000	0,95	2,25	4,38	8,12	8,32
14	Anclaje en alineación	Cóndor	9000	1,1	2,5	4,85	12,12	12,39
15	Amarre en alineación	Cóndor	9000	1,15	2,6	5,92	13,6	13,90
16	Suspensión	Halcón Real	13000	2,48	3,03	-	14,21	15,59
17	Amarre en alineación	Cóndor	9000	1,15	2,55	5,35	13,48	13,78
18	Anclaje en ángulo	Cóndor	33000	2,05	5,35	3,75	63,04	63,99
19	Suspensión	Halcón Real	5000	1,96	2,46	-	9,45	10,31
20	Suspensión	Cóndor	9000	1,1	2,5	4,85	12,12	12,39
21	Anclaje en ángulo	Cóndor	33000	2,1	3,8	6,4	67,04	68,03
22	Amarre en ángulo	Cóndor	33000	2,15	3,8	7,43	70,28	71,32
23	Fin línea	Cóndor	33000	2,15	3,8	6,95	70,28	71,32

Dimensiones de la cimentación de los diferentes apoyos de la línea

Comprobación de los apoyos y de la cimentación con el programa de cálculo Imedexsa, en el cual, a partir del perfil de la traza se puede generar una línea de transporte que cumpla con los requisitos que se establezcan para la misma.



CONCLUSIONES

La principal conclusión que se extrae de este proyecto tiene que ver con el uso continuo de programas de cálculo que hoy en día tenemos. En este sentido, se ha podido comprobar que muchos de los programas de cálculo, como en este caso el facilitado por la empresa Imedexsa y sus resultados, pueden no ser necesariamente los más adecuados y óptimos. Al haberse realizado cálculos "a mano" para muchas de las comprobaciones que este programa ofrecía se ha podido ver que se puede llegar a soluciones con menor coste (para el caso de volumen de hormigón empleado en los apoyos y peso en acero de los apoyos) y totalmente válidas, funcionales y del lado de la seguridad.

REFERENCIAS

Instalación puesta a tierra para líneas aéreas de Alta tensión. (s.f.). Obtenido de Hcenergía: https://www.hcenergia.com/recursos/doc/Colaboradores/Proveedores/Electricidad/Ingenieria/547274875_21200991133.pdf

SectorElectricidad. (19 de mayo de 2015). *Apantallamiento de líneas de transmisión con cable de guarda*. Obtenido de https://www.sectorelectricidad.com/12673/proteccion-ofrecida-por-dos-cables-de-tierra/

Para el cálculo del apartado de puesta a tierra se hace uso del libro "Cálculo y Diseño de líneas eléctricas de Alta Tensión", autores: Pascual SImón Comín, Fernando Garnacho Vecino, Jorge Moreno Mohíno y Alberto González Sanz

SUMMARY

This project involves the analysis, design and calculation of a 220 kV single circuit overhead evacuation line for a 180 MW wind farm.

The location of the high voltage transmission line is within the municipality of Almaraz, in the province of Cáceres (Extremadura) and will allow communication between the "Almaraz I" wind farm and the nearest substation centre, "Almaraz CN", to distribute power to the national transmission grid.

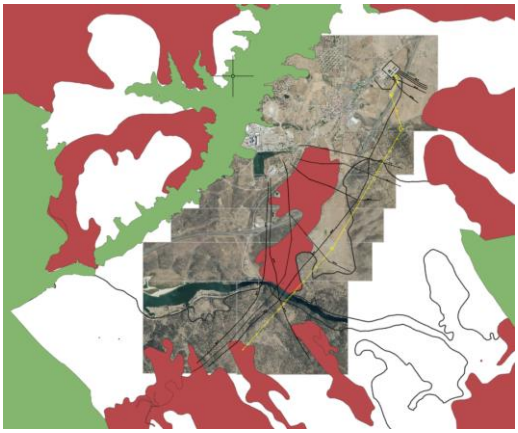
Power transmission lines are infrastructures for public use that have not undergone important technological evolutions in their designs and materials, but this very condition of being traditional structures makes them completely useful and do not generate large amounts of problems or maintenance costs during their useful life. The objective of this project was to know and develop precisely this calculation procedure for one of these infrastructures.

METHODOLOGY

This section presents the different chapters presented sequentially for the development of the evacuation line design.

Chapter
Line site conditions
Layout
Plan and profile
Electrical calculation to determine the conductor
Mechanical calculation of stresses on conductors, regulating spans and supports
Tense tables
Maximum deflection catenaries for the final location of the supports in the profile
Selection of supports
Foundation
Grounding system

RESULTS



Definitive location of the line within the municipalities of Almaraz, Romagordo and Higuera.

Below is a table with details of the final dimensions of the supports designed for this type of line, which will have a staggered arrangement, as shown in the accompanying image:





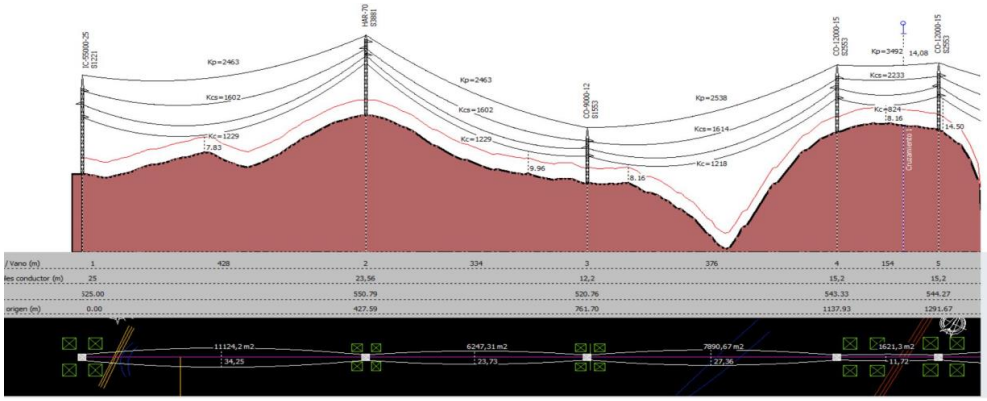
Nº apoyo	Tipo apoyo	Denominación	Modelo	Altura nominal (m)	Cruceta, a (m)	Distancia vertical, b (m)	Cruceta, c (m)	Cúpula (m)	Peso Torre (kg)
1	Fin línea	Cóndor	27000	27	3	3,33	3,2	4,3	7584
2	Suspensión	Halcón Real	9000	24	2,4	2	2,5	3,7	4002
3	Suspensión	Cóndor	9000	13	3	3,33	3,2	4,3	3996
4	Anclaje en alineación	Halcón Real	7000	15	2,4	2	2,5	3,7	3521
5	Anclaje en alineación	Halcón Real	9000	13	2,4	2	2,5	3,7	4235
6	Suspensión	Halcón Real	13000	20	2,4	2	2,5	3,7	5125
7	Suspensión	Cóndor	5000	20	3	3,33	3,2	4,3	3882
8	Suspensión	Cóndor	5000	20	3	3,33	3,2	4,3	3882
9	Amarre en alineación	Cóndor	9000	36	3	3,33	3,2	4,3	3996
10	Anclaje en ángulo	Cóndor	33000	36	3	3,33	3,2	4,3	12397
11	Suspensión	Cóndor	7000	32	3	3,33	3,2	4,3	6661
12	Suspensión	Cóndor	7000	29	3	3,33	3,2	4,3	6661
13	Suspensión	Cóndor	5000	18	3	3,33	3,2	4,3	3882
14	Anclaje en alineación	Cóndor	9000	18	3	3,33	3,2	4,3	3996
15	Amarre en alineación	Cóndor	9000	24	3	3,33	3,2	4,3	3996
16	Suspensión	Halcón Real	13000	27	2,4	2	2,5	3,7	5125
17	Amarre en alineación	Cóndor	9000	20	3	3,33	3,2	4,3	3996
18	Anclaje en ángulo	Cóndor	33000	20	3	3,33	3,2	4,3	5125
19	Suspensión	Halcón Real	5000	21	2,4	2	2,5	3,7	2456
20	Suspensión	Cóndor	9000	18	3	3,33	3,2	4,3	3996
21	Anclaje en ángulo	Cóndor	33000	27	3	3,33	3,2	4,3	8464
22	Amarre en ángulo	Cóndor	33000	33	3	3,33	3,2	4,3	10951
23	Fin línea	Cóndor	33000	29	3	3,33	3,2	4,3	9436

Types of final support used for the planned evacuation line

				Dimensiones (m)			Volúmen (m^3)	
Nº apoyo	Tipo apoyo	Denominación	Modelo	Ancho (a)	Altura (H)	Separación (c)	Excavación total	Hormigón total
1	Fin línea	Cóndor	27000	1,95	3,6	6,4	54,76	55,62
2	Suspensión	Halcón Real	9000	2,45	2,75	-	16,51	17,86
3	Suspensión	Cóndor	9000	1,05	2,45	3,8	10,8	11,05
4	Anclaje en alineación	Halcón Real	7000	1,88	2,46	-	8,69	9,49
5	Anclaje en alineación	Halcón Real	9000	1,93	2,53	-	9,42	10,26
6	Suspensión	Halcón Real	13000	2,21	2,91	-	14,21	15,31
7	Suspensión	Cóndor	5000	0,95	2,35	4,83	8,48	8,68
8	Suspensión	Cóndor	5000	0,95	2,35	4,83	8,48	8,68
9	Amarre en alineación	Cóndor	9000	1,25	2,7	7,97	8,48	8,83
10	Anclaje en ángulo	Cóndor	33000	2,15	3,8	7,97	8,48	9,52
11	Suspensión	Cóndor	7000	1,2	2,7	6,61	8,48	8,80
12	Suspensión	Cóndor	7000	1,15	2,7	6,2	14,28	14,58
13	Suspensión	Cóndor	5000	0,95	2,25	4,38	8,12	8,32
14	Anclaje en alineación	Cóndor	9000	1,1	2,5	4,85	12,12	12,39
15	Amarre en alineación	Cóndor	9000	1,15	2,6	5,92	13,6	13,90
16	Suspensión	Halcón Real	13000	2,48	3,03	-	14,21	15,59
17	Amarre en alineación	Cóndor	9000	1,15	2,55	5,35	13,48	13,78
18	Anclaje en ángulo	Cóndor	33000	2,05	5,35	3,75	63,04	63,99
19	Suspensión	Halcón Real	5000	1,96	2,46	-	9,45	10,31
20	Suspensión	Cóndor	9000	1,1	2,5	4,85	12,12	12,39
21	Anclaje en ángulo	Cóndor	33000	2,1	3,8	6,4	67,04	68,03
22	Amarre en ángulo	Cóndor	33000	2,15	3,8	7,43	70,28	71,32
23	Fin línea	Cóndor	33000	2,15	3,8	6,95	70,28	71,32

Dimensions of the foundations of the different supports of the line.

Verification of the supports and foundations with the Imedexsa calculation program, in which, from the profile of the trace, a transport line can be generated that complies with the requirements established for the same.



CONCLUSIONS

The main conclusion to be drawn from this project has to do with the continuous use of calculation programs that we have nowadays. In this sense, it has been possible to verify that many of the calculation programs, as in this case the one provided by the company Imedexsa and its results, may not necessarily be the most adequate and optimal. Having made calculations "by hand" for many of the checks that this program offered, it has been possible to see that solutions with lower cost (for the case of volume of concrete used in the supports and steel weight of the supports) and totally valid, functional and on the side of safety can be reached.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1. GENERALIDADES 12
1.1 OBJETIVO DEL PROYECTO 12
1.2 NORMATIVA APLICABLE 12
1.3 RECURSOS EMPLEADOS 12
1.4 ALINEACIÓN CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS) 13
CAPÍTULO 2. CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN 14
2.1 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN 14
CAPÍTULO 3 CÁLCULOS MECÁNICOS 17
3.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA LÍNEA 17
3.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS CONDUCTORES 17
3.3 CARGA PERMANENTE Y PESOS APARENTES 18
3.3.1 CARGA PERMANENTE 18
3.3.2 PESO APARENTE POR LA ACCIÓN DEL VIENTO 18
3.3.3 PESO APARENTE POR LA ACCIÓN DEL HIELO 19
3.3.4 PESO APARENTE POR LA ACCIÓN DEL VIENTO Y DEL HIELO 20
3.4 DEFINICIÓN DE CANTONES 20
3.5 VANOS DE REGULACIÓN 21
3.6 TABLAS DE TENDIDO 21
CAPÍTULO 4 CÁLCULO DE LA CADENA DE AISLADORES 24
CAPÍTULO 5 HERRAJES Y OTROS ACCESORIOS 26
CAPÍTULO 6 DISTANCIAS DE SEGURIDAD 30
CAPÍTULO 7 CÁLCULO DE APOYOS 36
CAPÍTULO 8 CÁLCULO DE CIMENTACIONES 67
CAPÍTULO 9 CÁLCULOS ELÉCTRICOS 72
CAPÍTULO 10 SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA 78
BIBLIOGRAFÍA 86

Ilustración 1. Zonas ZEPA y de especial cuidado de hábitat naturales del territorio de Extremadura 14
Ilustración 2. Emplazamiento y trazado de la nueva línea de evacuación proyectada 15
Ilustración 3. Línea de evacuación tresbolillo tipo proyectada 16
Ilustración 4. Modelo tipo de un aislador U-120-B 24
Ilustración 5. Modelo de amortiguador Stockbridge 28
Ilustración 6. Modelo separador para cables de fase en disposición dúplex 28
Ilustración 7. Modelo de dispositivo anticolisión para aves 29
Ilustración 8. Modelo de accesorio de balizamiento 29
Ilustración 9 Desviación de la cadena de aisladores 31
Ilustración 10 Franja de 50 metros sobre la traza de la línea 35
Ilustración 11 Parámetros del eolovano y gravivano 37
Ilustración 12. Modelo de apoyo y dimensiones presentado por Imedexsa 58
Ilustración 13. Apoyos frecuentados Finca Higares (Toledo) 66
Ilustración 14. Cimentación para apoyo tipo Cóndor, Imedexsa 69
Ilustración 15. Imagen de un apoyo de cuatro patas tipo Cóndor 70
Ilustración 16. Cimentación apoyo Halcón Real, Imedexsa 70
Ilustración 17. Imagen 1 de cimentación tipo Halcón Real 71
Ilustración 18. Imagen 2 de cimentación apoyo tipo Halcón Real 71
Ilustración 19. Modelo tipo de conductor LA-280 HAWK 73
Ilustración 20. Imagen de la puesta a tierra de un apoyo tipo Halcón Real 80
Ilustración 21. Disposición tipo del proceso de medición de la puesta a tierra mediante telurómetro 81
Ilustración 22. Disposición de puesta a tierra de un apoyo tipo Halcón Real, no frecuentado. Referencia Hcenergía 82
Ilustración 23. Disposición de puesta a tierra de un apoyo tipo Cóndor no frecuentado, Referencia Hcenergía 82
Ilustración 24. Disposición puesta a tierra apoyo frecuentado tipo Halcón real 84

Tabla 1. Detalles de los tipos de apoyos dispuestos en el proyecto 15
Tabla 2. Referencia catastral de los diferentes apoyos de la línea de evacuación 16
Tabla 3 Características generales de la línea de evacuación 17
Tabla 4 Características del conductor de fase 17
Tabla 5 Características del conductor de tierra 18
Tabla 6 Definición de cantones 20
Tabla 7 Vanos de regulación 21
Tabla 8. Detalles Zona B, tabla 4 ITC-LAT-07 22
Tabla 9 Distancias de aislamiento eléctrico 30
Tabla 10. Solicitaciones para los apoyos de la línea para la hipótesis primera de viento 52
Tabla 11. Solicitaciones para los apoyos de la línea para la hipótesis segunda de hielo 52
Tabla 12. Solicitaciones para los apoyos de la línea para la hipótesis de hielo y viento 53
Tabla 13. Solicitaciones para los apoyos de la línea para la hipótesis tercera de desequilibrio de tracciones 53
Tabla 14. Solicitaciones para los apoyos de la línea para la hipótesis cuarta de rotura de conductores 54
Tabla 15. Parámetros de 1ª hipótesis para apoyos Cóndor, Imedexsa 59

Tabla 16. Parámetros de 2ª hipótesis para apoyos Cóndor, Imedexsa 60
Tabla 17. Parámetros de 2ª hipótesis, hielo y viento, para apoyos Cóndor, Imedexsa..... 60
Tabla 18. Parámetros de 3ª hipótesis para apoyos Cóndor, Imedexsa 61
Tabla 19. Parámetros de 4ª hipótesis para apoyos Cóndor, Imedexsa 62

CAPÍTULO 1. GENERALIDADES

1.1 OBJETIVO DEL PROYECTO

Este proyecto permitirá dar a conocer y reunir toda la información y documentación necesaria, así como los pasos principales para la realización de un proyecto con aplicación fuera del ámbito académico como es el de una línea de evacuación y su gran importancia a día de hoy debido a las necesidades de descarbonizar el sector eléctrico español aprovechando el impulso que están tomando infraestructuras como lo son los parques eólicos y/o fotovoltaicos.

Otro objetivo que se puede establecer con este proyecto es conseguir recabar toda o la mayor parte de la información necesaria a preparar y disponer para realizar, conforme a la normativa aplicable, un proyecto como el presente y de importancia para el desarrollo de la infraestructura de comunicaciones de una región.

Cabe destacar también el hecho de lograr conseguir una metodología planificada y secuencial de trabajo que sirva tanto para este tipo de proyectos como para el resto de ellos que vengan a futuro.

1.2 NORMATIVA APLICABLE

De especial importancia cabe destacar el empleo del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de Alta Tensión como guía principal para establecer las disposiciones técnicas que tendrá como misión:

- Proteger a las personas y la integridad y funcionalidad de los bienes que pueden resultar afectados por dichas líneas.
- Conseguir la necesaria regularidad en los suministros d energía eléctrica.
- Establecer la normalización precisa para reducir la extensa tipificación que existe en la fabricación de material eléctrico.
- Facilitar desde la fase de proyecto de las líneas su adaptación a los futuros aumentos de carga racionalmente previsibles.

1.3 RECURSOS EMPLEADOS

En este apartado se incluye gran parte de las herramientas que se emplean, tanto documentación aportada por las administraciones públicas competentes en la materia como programas de apoyo para la redacción y elaboración de la memoria y cálculos necesarios para completar el proyecto.

Se hará uso de documentación de apoyo aportada por el Catastro para definir el término municipal sobre el que se situará la infraestructura y establecer de forma definitiva el trazado de la línea de evacuación. Además, del Instituto Geográfico Nacional (IGN) se obtendrán los modelos

digitales de elevaciones para determinar de las curvas de nivel del terreno sobre el que se localizará la línea de evacuación.

Áreas de influencia de la Red de Espacios Naturales, documentación aportada por la Consejería de Medio Ambiente y Rural, Políticas Agrarias y Territorio de la Junta de Extremadura en su área de descargas SITEX (Sistema de Información Territorial de Extremadura):

- Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA)
- Espacios Naturales Protegidos de Extremadura (RENPEX)
- Zonas de Especial Conservación (ZEC)
- Zonas RAMSAR (humedales) de Extremadura de importancia debido a la riqueza biológica.

Además, se incluyen algunos de los programas informáticos de apoyo para la realización del proyecto, como son:

- Empleo de Qgis para el trazado de la línea y la visualización de las áreas de influencia sobre la misma.
- Google Earth
- Uso del software facilitado por la empresa Imedexsa, para la comprobación del cálculo de las torres de apoyo de la línea de evacuación y de las cimentaciones correspondientes.

Se añaden también programas básicos para la elaboración del trabajo como:

- Autocad 2018
- Excel
- Word

Destacar también el uso de recursos como es la

1.4 ALINEACIÓN CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS)

Algunos de los principales y más reconocibles objetivos de desarrollo sostenible que pueden considerarse en este proyecto pueden ser:

- Lograr una energía asequible y menos contaminante con la inclusión y desarrollo de nuevas formas de generación que contribuyan a la descarbonización del sistema eléctrico español, como es el caso de la ejecución de un parque eólico. Sin olvidar la contribución que este proyecto implicaría al desarrollo de nuevos puntos de generación distribuida.
- La configuración de la línea se realizará para lograr la mínima afección medioambiental y respetando, en la medida de lo posible, la convivencia con el entorno y cultivos existentes en su trazado.
- Por último y no menos importante, se debe prestar especial atención a la vida de ecosistemas terrestres. Consideración a tener en cuenta, principalmente en el desarrollo del trazado que seguirá la línea de evacuación planteada, a la hora de conocer y situar todas aquellas zonas de especial protección: zonas para fauna y flora, zonas ZEPA, reservas de la biosfera entre otras afecciones existentes, según se establezca y atendiendo a la región

geográfica decidida para el proyecto, con el fin de minimizar el impacto medioambiental de la infraestructura sobre espacios naturales protegidos.
Para ello, se hace necesario hacer un correcto diseño del trazado de la línea teniendo como referencia las zonas de especial cuidado.

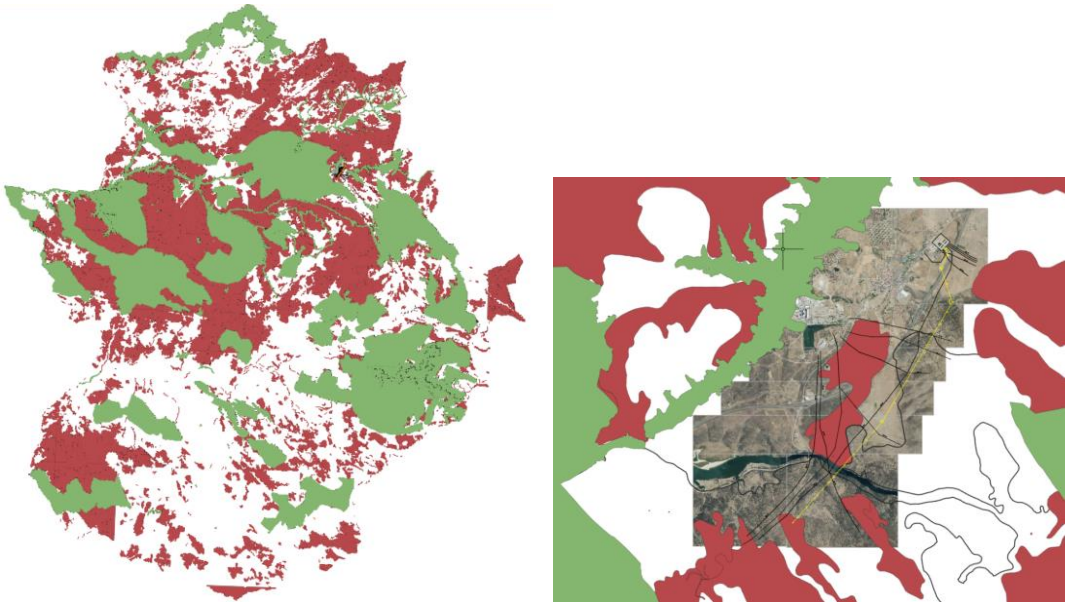


Ilustración 1. Zonas ZEPA y de especial cuidado de hábitat naturales del territorio de Extremadura

CAPÍTULO 2. CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN

2.1 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

Teniendo en cuenta lo establecido en el RLEAT y atendiendo a las características generales de la línea se clasifica ésta como Categoría Especial debido a su tensión nominal, 220 kV.

La línea de evacuación presenta una disposición dúplex, dos cables por fase y un conductor de tierra. Las características que presenta el conductor de fase escogido se detallan, LA-280 HAWK; siendo el conductor de tierra, OPGW 24.
A continuación, en el apartado 3 de cálculos mecánicos se detallan ambos conductores con mayor precisión.

2.2 EMPLAZAMIENTO DE LA LÍNEA

La línea de evacuación en simple circuito de 220 kV se localiza dentro de los términos municipales de Romangordo, Higuera y Almaraz, todos ellos municipios de la provincia de Cáceres y permite la comunicación entre el Parque Eólico “Almaraz I” y el centro de subestación más cercano, “Almaraz CN” para llevar a cabo el reparto de potencia hacia la red nacional de transporte.

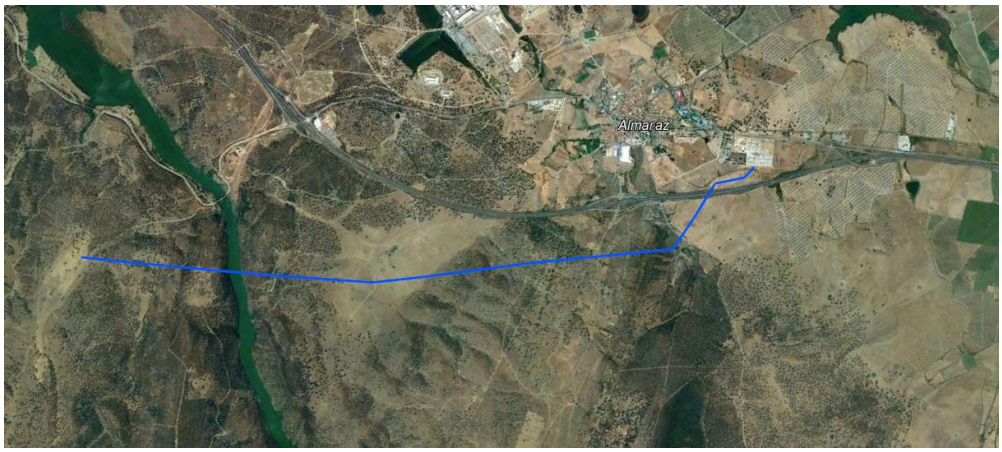


Ilustración 2. Emplazamiento y trazado de la nueva línea de evacuación proyectada

2.3 TRAZADO DE LA LÍNEA

El trazado de la línea dispone de una longitud total de 6.931 metros.

La mínima altitud de la línea 506 metros y la máxima 596 metros le hacen, atendiendo a lo indicado por el RLEAT en su ITC-LAT-07 incluirse dentro de la zona B.

La línea de evacuación dispone de un total de 23 apoyos, con 4 ángulos que coinciden con los apoyos: 10, 18, 21 y 22.

Nº de Apoyo	Tipo de Apoyo	Altura Apoyo (m)	Coor. Abscisas (m)	Coord. Norte (m)	Long. Vano anterior (m)	Ángulo (º)	Ángulo (rad)
1	Principio línea	27	268754.00	4405443.00	-	-	-
2	Suspensión	24	269052.00	4405761.00	428,44	180	3,14
3	Suspensión	13	269052.00	4405761.00	337,8	180	3,14
4	Anclaje	15	269531.30	4406287.53	374,06	180	3,14
5	Anclaje	13	269638.74	4406407.39	158,18	180	3,14
6	Suspensión	20	269856.00	4406646.00	324,48	180	3,14
7	Suspensión	20	270052.00	4406865.00	295,48	180	3,14
8	Suspensión	20	270322.00	4407178.00	355,54	180	3,14
9	Amarre	36	270649.00	4407553.00	237,54	180	3,14
10	Ángulo	36	270890.00	4407959.00	319,78	169	2,95
11	Suspensión	32	271173.00	4408448.00	469,46	180	3,14
12	Suspensión	29	271405.00	4408862.00	533,46	180	3,14
13	Suspensión	18	271668.00	4409299.00	478,92	180	3,14
14	Anclaje	18	271523.00	4409060.00	209,54	180	3,14
15	Amarre	24	271668.00	4409299.00	257,42	180	3,14
16	Suspensión	27	271873.00	4409640.00	434,02	180	3,14
17	Amarre	20	272015.00	4409871.00	296,34	180	3,14
18	Ángulo	20	272139.00	4410070.00	236,6	131	2,29
19	Suspensión	21	272014.00	4410444.00	252,82	180	3,14
20	Suspensión	18	271978.00	4410482.00	160,64	181	3,16
21	Ángulo	27	271878.00	4410783.00	332,92	132	2,30
22	Ángulo	33	272005.00	4411050.00	308,58	133	2,32
23	Final de línea	29	271979.00	4411184.00	129,08	-	-

Tabla 1. Detalles de los tipos de apoyos dispuestos en el proyecto

Dadas las condiciones del tipo de línea de evacuación, simple circuito, la configuración elegida para los tipos de apoyos será tresbolillo. A continuación, se presenta una ilustración tipo.



Ilustración 3. Línea de evacuación tresbolillo tipo proyectada

La localización de cada uno de los apoyos existentes en el trazado, atendiendo a su referencia catastral, se detallan a continuación.

Nº Apoyo	Polígono	Parcela	Municipio	Ref. Catastral
1	5	92	Romangordo	10163A00500092
2	6	1	Romangordo	10163A00600001
3	6	1	Romangordo	10163A00600001
4	6	1	Romangordo	10163A00600001
5	1	314	Higuera	10100A00100314
6	5	14	Almaraz	10019A00500014
7	5	14	Almaraz	10019A00500014
8	5	14	Almaraz	10019A00500014
9	5	14	Almaraz	10019A00500014
10	5	14	Almaraz	10019A00500014
11	5	14	Almaraz	10019A00500014
12	5	14	Almaraz	10019A00500014
13	5	40	Almaraz	10019A00500040
14	5	13	Almaraz	10019A00500013
15	5	34	Almaraz	10019A00500034
16	4	33	Almaraz	10019A00400033
17	4	42	Almaraz	10019A00400042
18	4	103	Almaraz	10019A00400103
19	3	6	Almaraz	10019A00300006
20	3	6	Almaraz	10019A00300006
21	3	25	Almaraz	10019A00300025
22	3	25	Almaraz	10019A00300025
23	3	10	Almaraz	10019A00300010

Tabla 2. Referencia catastral de los diferentes apoyos de la línea de evacuación

En el apartado de Distancias de Seguridad se detallan los cruzamientos existentes a lo largo del trazado de nuevo diseño de la línea de evacuación proyectada.

CAPÍTULO 3 CÁLCULOS MECÁNICOS

3.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA LÍNEA

Tensión Nominal		220 kV
Tensión más elevada		245 kV
Frecuencia		50 Hz
Longitud de la línea		6,931 km
Altitud máxima		596,00 m
Categoría de la línea		Especial
Clasificación de la zona		B
Velocidad de viento máxima reglamentada		140 km/h
Coeficiente EDS	Conductor de fase	22%
	Conductor de tierra	15%
Coeficiente CHS	Conductor de fase	22%
	Conductor de tierra	15%

Tabla 3 Características generales de la línea de evacuación

3.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS CONDUCTORES

Los conductores de fase diseñados para la línea de evacuación presentan disposición dúplex y sus características aparecen a continuación:

Modelo	LA-280 HAWK
Material	Aluminio-Acero
Sección total	281,1 mm²
Número de alambres	26+7
Diámetro total	21,8 mm
Carga de rotura nominal (σ_r)	8620 kgf
Módulo de elasticidad	7300 daN/mm²
Peso propio	977 kg/km
Coeficiente de dilatación lineal	18,9 * 10^{-6} ºC^{-1}

Tabla 4 Características del conductor de fase

Atendiendo al apartado 2.1.5 de la ITC-LAT-07, las características físicas, mecánicas y eléctricas, así como los métodos de ensayo para el tipo de cable OPGW con fibra óptica de telecomunicación cumple lo marcado por la UNE-EN 60794-4

Los cables de tierra o guarda diseñados para la línea de evacuación presentan las características destacadas a continuación:

Modelo	OPGW 24 fibras
Material	Tubo de aluminio con armadura de 10 hilos de acero recubiertos de aluminio
Sección total	147,41 mm^2
Nº de alambres	10 hilos de acero exteriores
Diámetro total	13,70 mm
Carga de rotura nominal	7000 daN
Módulo de elasticidad	11250 daN/mm^2
Peso propio	563 kg/km
Coeficiente de dilatación lineal	14,6 * 10^{-6} ºC^{-1}

Tabla 5 Características del conductor de tierra

Se decide por un cable de guarda que alberga 24 cables de fibra para que pueda ser incluida a la red de fibra óptica de telecomunicaciones nacional.

3.3 CARGA PERMANENTE Y PESOS APARENTES

Para el cálculo mecánico de los conductores se consideran acciones gravitatorias y la acción de cargas debidas a condiciones ambientales. Se recuerda una disposición dúplex de los conductores de fase.

3.3.1 CARGA PERMANENTE

Es la carga vertical debida al peso propio de los conductores.

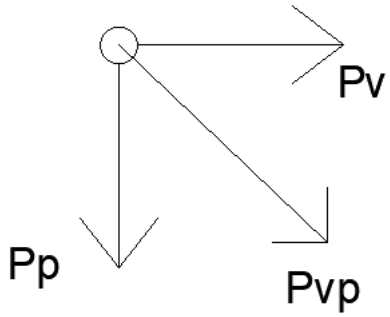
- Conductor de fase LA 280 HAWK
  Pp = 1,91 daN/m
- Cable de tierra OPGW 24
  Pp = 0,55 daN/m

3.3.2 PESO APARENTE POR LA ACCIÓN DEL VIENTO

Las condiciones ambientales consideradas para el cálculo de esta sobrecarga sobre el conductor se detallan a continuación: temperatura de -10 º C y una sobrecarga de viento de 140 km/h.

- Conductor de fase LA 280 HAWK

$$Pv = q\ x\ d = \frac{21{,}80\ mm}{1000} x\ 50 x (\frac{140}{120})^{2} = 1,\ 48\ daN/m$$

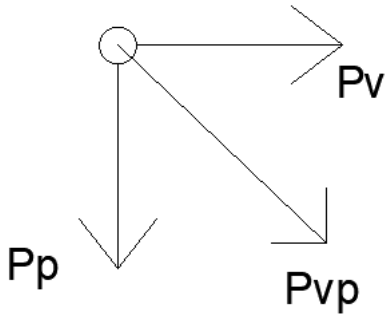


$$Pvp = \sqrt{Pp^2 + Pvp^2} = 2{,}42\ daN/m$$

- Cable de tierra OPGW 24

$$Pv = q\ x\ d = \frac{13{,}70\ mm}{1000} x\ 50\ x\ (\frac{140}{120})^{\ 2} = 0{,}93\ daN/m$$

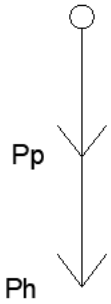
-



$$Pvp = \sqrt{Pp^2 + Pvp^2} = 1{,}08\ daN/m$$

3.3.3 PESO APARENTE POR LA ACCIÓN DEL HIELO

Las condiciones ambientales consideradas para el cálculo de esta sobrecarga sobre el conductor se detallan a continuación: temperatura de -15 º C siendo la sobrecarga de hielo la aplicada sobre un anillo alrededor del conductor.



- Conductor de fase LA 280 HAWK

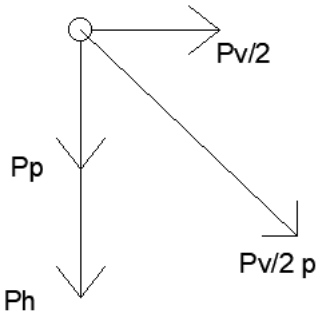
$$Ph = 0{,}18\ x\ \sqrt{d} = \ 1{,}68\ daN/m$$
$$Ph + Pp = 3{,}60\ daN/m$$

- Cable de tierra OPGW 24

$$Ph = 0{,}18\ x\ \sqrt{d} = \ 0{,}67\ daN/m$$
$$Ph + Pp = 1{,}22\ daN/m$$

3.3.4 PESO APARENTE POR LA ACCIÓN DEL VIENTO Y DEL HIELO

Las condiciones ambientales consideradas para el cálculo de esta sobrecarga sobre el conductor se detallan a continuación: temperatura de -15 º C, una sobrecarga de viento de 60 km/h y la sobrecarga de hielo la aplicada sobre un anillo alrededor del conductor.



$$Pv/2 = q\ x\ d = \frac{21{,}80\ mm}{1000} x\ 50x\left(\frac{60}{120}\right)^2 = 0{,}27\ \text{daN/m}$$

$$Ph = 0{,}18\ x\ \sqrt{d} = \ 1{,}68\ daN/m$$

$$Pv/2\ p = \sqrt{(Pp + Ph)^2 + (Pv/2)^2} = 3{,}61\ daN/m$$

3.4 DEFINICIÓN DE CANTONES

Número de cantón											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Apoyo inicial	1	4	5	9	10	14	15	17	18	21	22
Apoyo final	4	5	9	10	14	15	17	18	21	22	23

Tabla 6 Definición de cantones

3.5 VANOS DE REGULACIÓN

La longitud de cada vano de regulación existente en la línea de evacuación viene dada por la fórmula:

$$a_r = \frac{\sum \frac{bi^3}{ai^2}}{\sum \frac{bi^2}{ai}} \; x \; \sqrt{\frac{\sum ai^3}{\sum \frac{bi^2}{ai}}}$$

- a_r: longitud del vano de regulación, en metros.
- b_i: es la distancia entre los dos puntos de fijación del conductor de cada uno de los vanos, en metros.
- a_i: la longitud proyectada sobre el perfil de cada uno de los vanos, en metros.

Siendo los valores de los mismos los que se presentan a continuación en la tabla:

Nº de cantón											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Long. Vano regulación (m)	396,27	158,18	312,36	319,78	470,97	257,42	386,77	236,58	252,82	308,58	129,08

Tabla 7 Vanos de regulación

3.6 TABLAS DE TENDIDO

3.6.1 Hipótesis de partida

3.6.1.1 Límite estático

Se considera la tensión máxima que deben disponer los conductores como:

Tipo de conductor	Carga de rotura (daN)	Coeficiente de seguridad	Tensión máxima admisible (daN)
LA-280	8450,00	3,00	2773,07

3.6.1.2 Límite dinámico

3.6.1.2.1 Hipótesis CHS (Cold hour stress)

Tipo de conductor	Carga de rotura (daN)	Tense CHS (daN)	% de rotura
LA-280	8450,00	1943,5	23%

3.6.1.2.2 Hipótesis EDS (Every day stress)

Tipo de conductor	Carga de rotura (daN)	Tense CHS (daN)	% de rotura
LA-280	8450,00	1859,00	22%

3.6.2 Hipótesis de cálculo

Para poder relacionar dos estados diferentes de un cable tendido entre dos puntos se emplea la Ecuación del Cambio de Condiciones. Con ello, se puede relacionar tracciones de un mismo vano de regulación para diferentes condiciones de sobrecarga y temperatura partiendo de una hipótesis inicial.

$$t2^2 * [t2 + A] = B$$

$$A = \alpha \, x \, E \, x \, (\theta 2 - \theta 1) + K \qquad K = \frac{ar^2 x \, E \, x \, m1^2 x \, \omega^2}{24 \, x \, t1^2} - t1 \qquad B = \frac{ar^2 x \, E \, x \, m2^2 x \, \omega^2}{24}$$

Siendo:

- α: coeficiente de dilatación lineal del conductor, ºC^{-1}.
- E: módulo de elasticidad del conductor, daN/mm².
- ω: peso del conductor por sección, (daN/m)/mm².
- t1 y t2: tensión del cable, en daN/mm² inicial y final
-
- θ1 y θ2 son las temperaturas del cable en ºC, inicial y final.
- a_r: longitud del vano en metros.
- m1 y m2 son los coeficientes de sobrecarga del conductor en su estado inicial y final.

- **Tracción máxima admisible.**

Atendiendo a lo establecido por la ITC-LAT-07 en su apartado 3.2.1, tanto el conductor de fase como el de tierra no podrán estar sometidos a una carga igual o superior a su carga de rotura divida por 3 (coeficiente de seguridad seleccionado con el fin de aliviar peso de los apoyos posteriormente).

- Conductor de fase. LA-280 HAWK

$$T \max admisible = \frac{\sigma r}{3} = 2773{,}07 \; daN$$

- Conductor de tierra.

$$T \max admisible = \frac{\sigma r}{3} = 2773{,}07 \; daN$$

Según lo establecido en la tabla 4, apartado 3.2.1 de la ITC-LAT-07, las condiciones en las que se debe aplicar la tracción máxima aparecen a continuación:

ZONA B			
Hipótesis	Temperatura (ºC)	Sobrecarga Viento	Sobrecarga hielo
Tracción máxima viento	-10	Según el apartado 3.1.2 Mínimo 120 ó 140 km/h según la tensión de línea	No se aplica
Tracción máxima de hielo	-15	No se aplica	Según el apartado 3.1.3
Tracción máxima hielo + viento (1)	-15	Según el apartado 3.1.2 Mínimo 60 km/h	Según el apartado 3.1.3.

Tabla 8. Detalles Zona B, tabla 4 ITC-LAT-07

- **Comprobación de fenómenos vibratorios.**

Atendiendo a lo establecido en el apartado 3.2.2 de la ITC-LAT-07 se deben tener en cuenta la incidencia de posibles fenómenos vibratorios, como el EDS (Every day stress) y el CHS (Cold hour stress) que puedan acortar la vida útil de conductores y cables de tierra y desgastar y provocar fallos en herrajes, aisladores, accesorios e incluso en elementos de los apoyos.

- Para los conductores de fase, en base al EDS, la tracción a temperatura de 15ºC no superará el 22% de la carga de rotura y sin sobrecarga alguna, siendo instalados dispositivos amortiguadores. Siendo los parámetros a cumplir relativos al CHS de un 23% de la carga de rotura a -10ºC.
- Para el cable de tierra, en base al EDS, la tracción máxima a temperatura de 15ºC no superará el 15% de su tensión de rotura y sin sobrecarga alguna, al no disponer de dispositivos de amortiguamiento. Siendo los parámetros a cumplir relativos al CHS de un 17% de la carga de rotura a -10ºC.

- **Flechas máximas de los conductores y cables de tierra**

Según lo establecido en el apartado 3.2.3 de la ITC-LAT-07 se debe determinar la flecha máxima de los conductores y cables de tierra en las siguientes hipótesis:

a) Hipótesis de viento: conductores sometidos a sobrecarga de viento a una velocidad de 120 km/h a la temperatura de +15ºC.
b) Hipótesis de temperatura: conductores sometidos a la acción de su propio peso y a una temperatura mínima de +85ºC para los de fase y +50ºC para el de tierra.
c) Hipótesis de hielo: conductores sometidos a sobrecarga de hielo a la temperatura de 0ºC.

El valor de la flecha para cada una de las hipótesis se obtendrá de utilizar la tensión obtenida para cada caso en:

$$f = \frac{ar^2 \; x \; \text{pp}}{8 \; x \; T} x \; m$$

- a_r: longitud del vano de regulación en metros.
- Pp: peso propio del conductor (daN)
- m: coeficiente de sobrecarga

- **Hipótesis de cálculo de la desviación de la cadena de aisladores:**

Atendiendo al apartado 5.4.1 de la ITC-LAT-07, las distancia entre los conductores de fase del mismo circuito debe ser tal que no haya riesgo alguno de cortocircuito entre fases, teniendo presente los efectos de las oscilaciones de los conductores debidas al viento y al desprendimiento de la nieve acumulada.

Separación mínima entre conductores de fase se establece:

$$D = K * \sqrt{F + L} + K' * Dpp$$

- K = coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento. Se toma de la tabla 16 del apartado 5.4.1 de la ITC-LAT-07, previo cálculo del ángulo de oscilación correspondiente al conductor empleado, LA-280 HAWK en disposición dúplex. Valor 0.6.

$$ángulo\ de\ oscilación = arctag\left(\frac{Pv}{Pp}\right) = 37{,}84^{\circ}$$

  Pp: peso propio del conductor (daN/m) = 1,91 daN/m
  Pv: sobrecarga debida a la acción del viento con una velocidad de 140 km/h = 1,484 daN/m

- K´ = 0.85. Línea de categoría especial.
- F: es la flecha máxima
- L: longitud de la cadena de suspensión (L=0 para las cadenas de amarre). 2,074 m según lo obtenido en el cálculo de la cadena de aisladores.
- Dpp: según lo indicado en el apartado 5.2 de la ITC-LAT-07, 2,00 metros (245 kV como tensión más elevada de la red).

El cálculo de la distancia mínima para cada apoyo se presenta en la tabla, en el apartado distancias eléctricas de seguridad internas en el apoyo, cálculo de la desviación de la cadena de aisladores.

CAPÍTULO 4 CÁLCULO DE LA CADENA DE AISLADORES

La unión entre el apoyo y los conductores se realiza por medio de una cadena de aisladores de tipo rótula y estándar siendo el seleccionado perteneciente a la clase U120 B del fabricante La Granja.

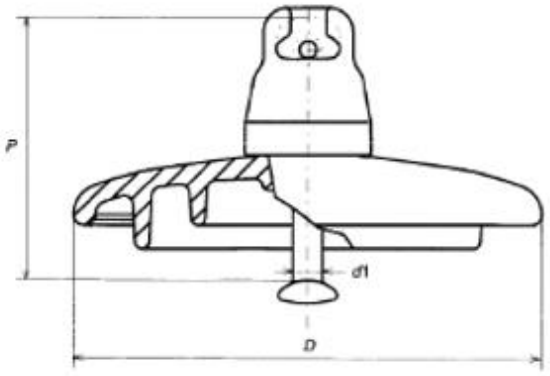


Ilustración 4. Modelo tipo de un aislador U-120-B

Nivel de contaminación considerado para la zona, nivel medio, que atendiendo a la tabla 14 de la ITC-LAT-07 apartado 4.4 dispone de una línea de fuga específica nominal mínima de 20 mm/kV. Además, este accesorio se diseña para soportar una tensión más elevada del material, U_m, de 245kV en valor eficaz; al mismo tiempo se dispone de una tensión soportada normalizada de corta duración a frecuencia industrial de 275 Kv, siendo también la tensión soportada a impulso tipo rayo en seco de 650 KV.

Especificaciones del modelo de aislador seleccionado:

- Paso, p, de 170 mm
- Diámetro, D, de 280 mm
- Línea de fuga de 390 mm
- Peso neto aproximado de 7,5 kg
- Carga de rotura mecánica de 210 kN

Las cadenas dispondrán de 16 aisladores estableciendo una línea de fuga total de 4,9 metros.

La elección de una cadena de aisladores se basa en el cumplimiento de:

- El esfuerzo mecánico máximo que ha de soportar.
- La línea de fuga total en función de la polución de la zona.
- La distancia a_{som} de seguridad mínima de descarga de la cadena de aisladores.

La cadena de aisladores será elemento aislante entre conductor y apoyo y resistente a las cargas mecánicas que transmite el conductor.

Para su cálculo se considera un coeficiente de seguridad mecánico mínimo de fallo de 3.

Partiendo de este valor es posible determinar el esfuerzo mecánico al que se ve sometido la cadena,

$$T\ ais > \left(T\ con\ x\ CS\ ais = 2817 \frac{daN}{mm^2} x\ Sección\ conductor\ x\ 3\right) = 84{,}5\ KN$$

Siendo 28,17 daN/mm^2 el tense máximo del concudtor LA-280 HAWK.

Por lo tanto, se ha de elegir un aislador de vidrio con una carga mecánica a la rotura mayor de 84,5 KN, en este caso, el aislador U 120 B cumple al disponer de una carga de rotura de 120 KN.

Para el diseño de la cadena de aisladores teniendo en cuenta el nivel de polución específico para la zona en que se acomete la línea de evacuación, nivel II medio con una línea de fuga específica nominal mínima de 20 mm/kV, según la tabla 14 de la ITC-LAT-07 del apartado 4.4, se determina una longitud total de la línea de fuga fase-masa LF_t,

$$LF\ t = 20\ x\ Tensión\ más\ elevada\ de\ la\ línea\ (245\ kV) = \ 4900\ mm$$

Conociendo la línea de fuga de cada aislador del modelo U 120 B, LF ais = 320 mm, el número de elementos mínimo que compone la cadena es,

$$N\ aisladores = Redondeo\ superior\ \left(\frac{LF\ t}{LF\ ais}\right) + 1 = 16\ \text{aisladores}$$

Finalmente, el cálculo de la distancia de descarga se hace necesario dada la función que tiene en la determinación del resto de distancias de seguridad internas y externas.

$$a\ som \geq (Diámetro\ aislador/2) + (Número\ aisladores\ x\ paso\ aislador) = 2{,}20\ metros$$

CAPÍTULO 5 HERRAJES Y OTROS ACCESORIOS

Se consideran herrajes todos los elementos utilizados para la fijación de los aisladores al apoyo y al conductor, los elementos de fijación del cable de tierra al apoyo y los elementos de protección eléctrica de los aisladores.

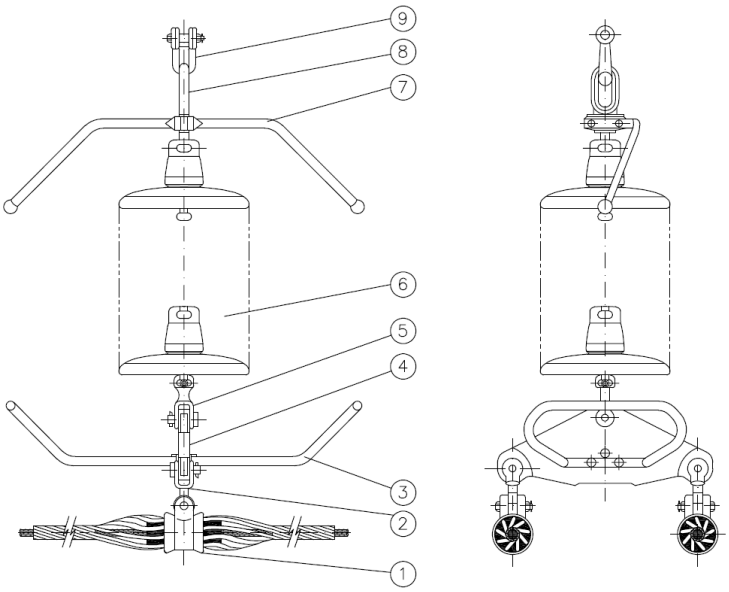
Se garantiza, como se indica en la ITC-LAT-07 en su apartado 2.2.5, que todos los materiales utilizados en la construcción de los herrajes y accesorios de la línea aérea serán resistentes a la corrosión atmosférica.

Las características mecánicas de los herrajes de las cadenas de aisladores cumplen con los requisitos de resistencia mecánica aportados por la UNE-EN 60305 y UNE-EN 61466-1.

Las dimensiones de acoplamiento de los herrajes a los aisladores cumplen con la norma UNE 21009, así como los dispositivos de cierre y bloqueo utilizados cumplen con la norma UNE-EN 60372

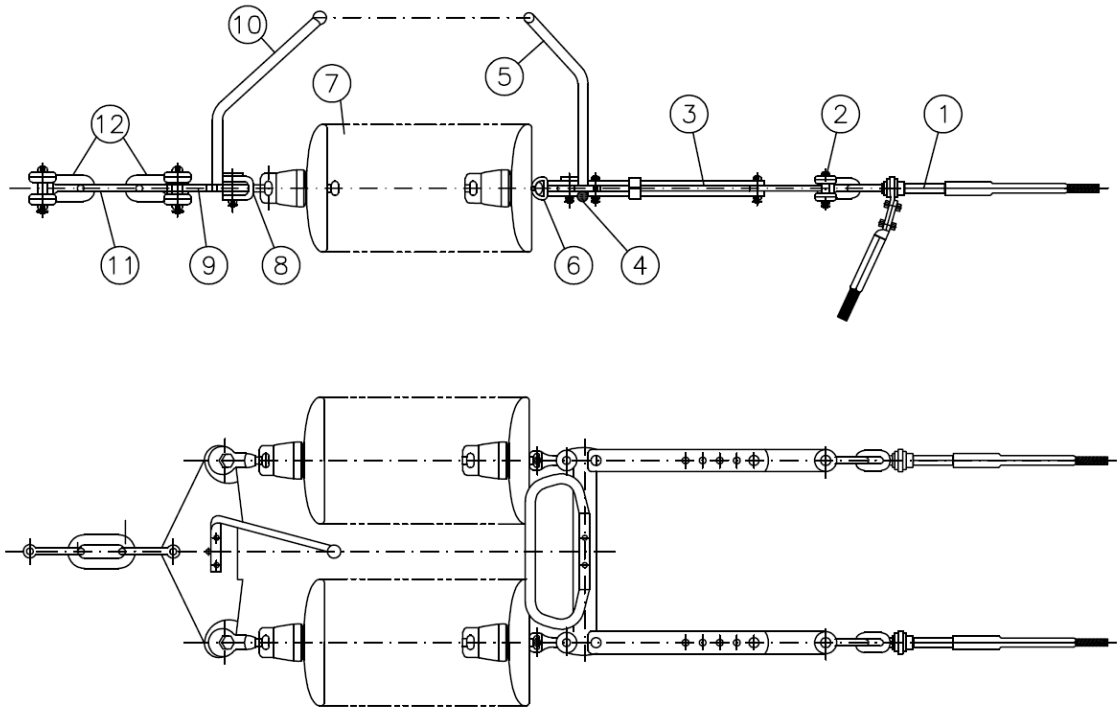
FORMACIÓN DE LAS CADENAS

- CADENA DE SUSPENSIÓN



POS.	DENOMINACIÓN	CANT.
1	Grapa suspensión armada para cable LA-280	2
2	Horquilla revirada	2
3	Descargador suspensión dúplex inferior 220 kV	1
4	Yugo triangular suspensión	1
5	Rótula horquilla	1
6	Aislador U-120 B	16
7	Descargador suspensión superior 220 kV	1
8	Anilla bola para protección	1
9	Grillete normal recto	1

- CADENA DE AMARRE



POS.	DENOMINACIÓN	CANT.
1	Grapa amarre armada para cable LA-280	2
2	Grillete normal recto	2
3	Tensor de corredera	2
4	Yugo separador	1
5	Descargador amarre dúplex inferior 220 kV	2
6	Rótula horquilla corta	2
7	Aislador vidrio U-120 B	32
8	Horquilla de bola	2
9	Yugo triangular amarre	1
10	Descargador amarre superior 220 Kv	1
11	Eslabón cadena aisladores	1
12	Grillete normal recto	2

AMORTIGUADOR

La función de estos accesorios es debilitar las vibraciones provocadas por el viento en las líneas aéreas. El modelo escogido es el amortiguador stoackbridge.

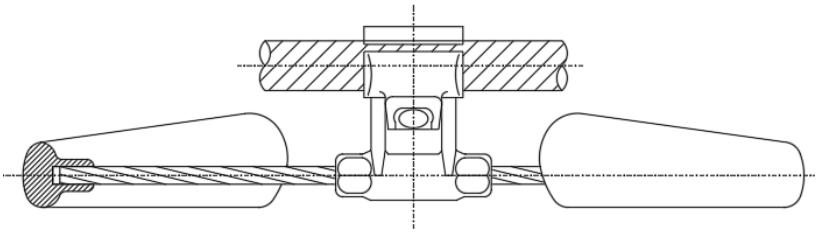


Ilustración 5. Modelo de amortiguador Stockbridge

Se decide por amortiguador gama 20,0 a 25,0, teniendo en cuenta el diámetro del conductor empleado (LA-280 con 21,8 mm), fabricante PLP o análogo.

E l número de amortiguadores se decide en función de la longitud de los vanos, considerando la instalación de un amortiguador por cada conductor de fase si la longitud es menor o igual a 225 metros y dos amortiguadores, uno en cada extremo del conductor, para vanos de mayor longitud.

SEPARADOR

Dada la configuración de dos conductores por fase para la línea de evacuación, disposición dúplex, se hace necesario el empleo de separadores de fase.

Para este caso en concreto se emplean separadores semirrígidos con una gama de 21,01 mm a 24,50 mm del fabricante PLP o análogo.

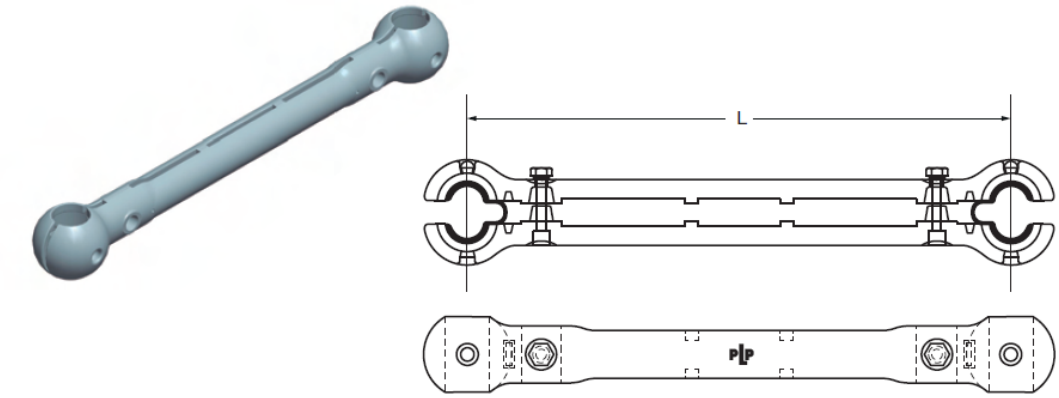


Ilustración 6. Modelo separador para cables de fase en disposición dúplex

DISPOSITIVO ANTICOLISIÓN DE AVES

Se trata de accesorios formados por una varilla de PVC con forma helicoidal, destinados a aumentar la visibilidad de las líneas y evitar el choque de las aves en vuelo. Se hace necesario su instalación dada la proximidad a zonas ZEPA del trazado de la nueva línea de evacuación.

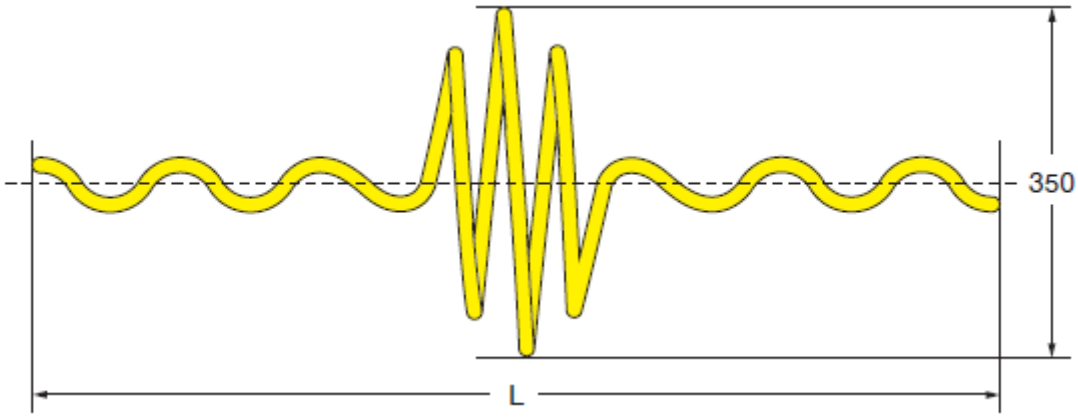


Ilustración 7. Modelo de dispositivo anticolisión para aves

Se decide por una gama de 21.82 mm a 25,37 mm del fabricante PLP o análogo.

ACCESORIOS DE BALIZAMIENTO

Accesorios instalados sobre el cable de tierra en cruces de autopistas y autovías y en zonas próximas a aeropuertos de especial densidad de tráfico aéreo. SU misión es alertar de la presencia de tendidos eléctricos a helicópteros.

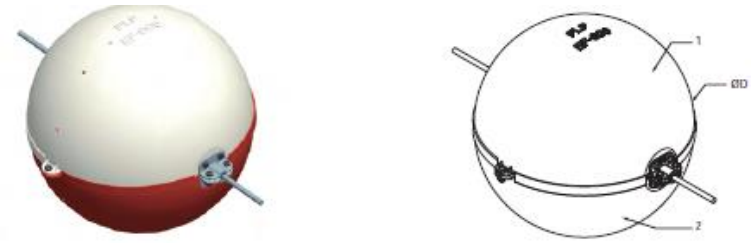


Ilustración 8. Modelo de accesorio de balizamiento

Se decide por una gama desde 13,51 mm a 16,50 mm del fabricante PLP o análogo.

EMPALMES Y CONEXIONES

Atendiendo a lo especificado el RLEAT en su ITC-LAT-07 apartado 2.1.6, los empalmes (unión de conductores y de cable de tierra para garantizar la continuidad eléctrica y mecánica) se realizan mediante piezas adecuadas a la naturaleza, composición y sección y en ningún momento por soldadura de los conductores. Con carácter general los empalmes no se realizarán en los vanos sino en los puentes flojos entre las cadenas de amarre y se prohíbe colocar en la línea más de un empalme por vano y conductor, siendo esto posible solamente durante la explotación y en caso de reparación de averías.

Cuando se trate de la unión de conductores de distinta sección o naturaleza, es preciso que dicha unión se efectúe en el puente de conexión de las cadenas de amarre.

También teniendo en cuenta lo indicado en el mismo apartado, 2.1.6, las conexiones (unión de conductores para asegurar la continuidad eléctrica siendo la resistencia mecánica reducida) solo se realizarán en conductores sin tensión mecánica o en las uniones de conductores realizadas en el puente de conexión de las cadenas de amarre (siendo en este caso la resistencia al deslizamiento de al menos el 20 % de la carga de rotura del conductor).

Ambas piezas, las de empalme y conexión se diseñan para evitar los efectos electrolíticos ni oxidación en las superficies de contacto.

CAPÍTULO 6 DISTANCIAS DE SEGURIDAD

En este apartado de distancias mínimas de seguridad a considerar para la línea de evacuación proyectada será de aplicación todo lo establecido en el RLEAAT, en su ITC-LAT-07 artículo 5. El objetivo de cumplir las distancias mínimas reside en evitar el daño de descargas eléctricas al público en general, a las personas que trabajen en las cercanías de la línea eléctrica y a las personas que trabajen en su mantenimiento.

DISTANCIAS DE AISLAMIENTO ELÉCTRICO PARA EVITAR DESCARGAS

Atendiendo a lo establecido en el apartado 5.2 de la ITC-LAT-07 y en la tabla 15 expuesta, se deben tener en cuenta tres tipos de distancias eléctricas:

- D_{el}. Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase y objetos a potencial de tierra en sobretensiones de frente lento o rápido.
- D_{pp}. Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase durante sobretensiones de frente lento o rápido.
- A_{som}. Valor mínimo de la distancia de descarga de la cadena de aisladores, definida como la distancia más corta en línea recta entre las partes en tensión y las partes puestas a tierra.
- D_{add}. Distancia de aislamiento adicional que se suma a la distancia externa D_{el}, 5.3 metros.

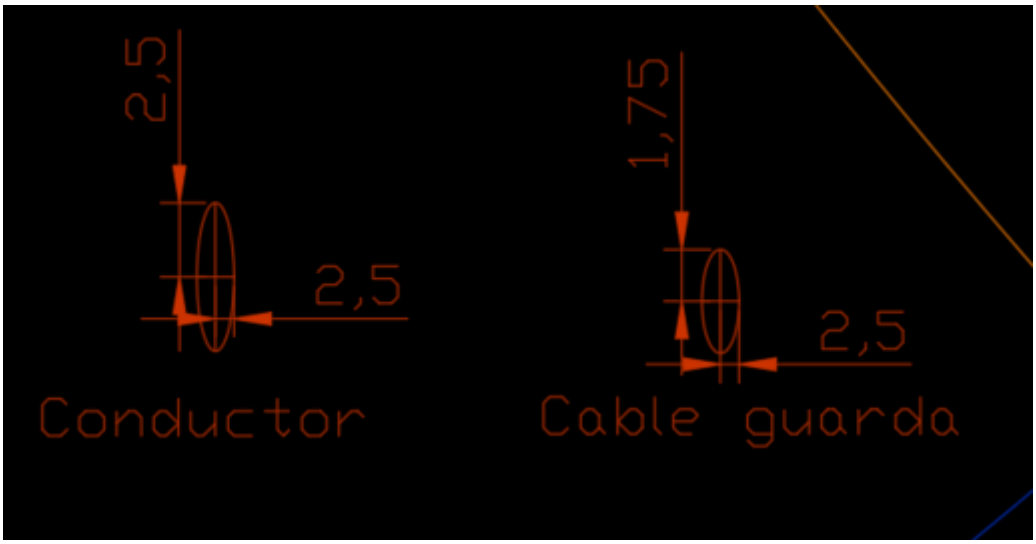
Tensión más elevada de la red	245 kV
Distancia D_{el}	1,70 m
Distancia D_{pp}	2,00 m
1,1 veces a_{som}	2,42 m

Tabla 9 Distancias de aislamiento eléctrico

DISTANCIAS ELÉCTRICAS DE SEGURIDAD INTERNAS EN EL APOYO

Las distancias mínimas de seguridad en el apoyo son distancias internas utilizadas únicamente para diseñar una línea con una aceptable capacidad de resistir las sobretensiones.

- Distancias entre conductores



- Distancias entre conductores de fase y partes puestas a tierra

Atendiendo a lo establecido en el apartado 5.4.2 de la ITC-LAT-07, la separación mínima entre los conductores y sus accesorios en tensión y los apoyos no será inferior a Del, 1,70 m.

- Cálculo de la desviación de la cadena de aisladores

Se realiza para la comprobación de la no presencia de volteos en las cadenas de aisladores de los apoyos de suspensión además de que se respeten las distancias de los conductores de fase a partes puertas a tierras.

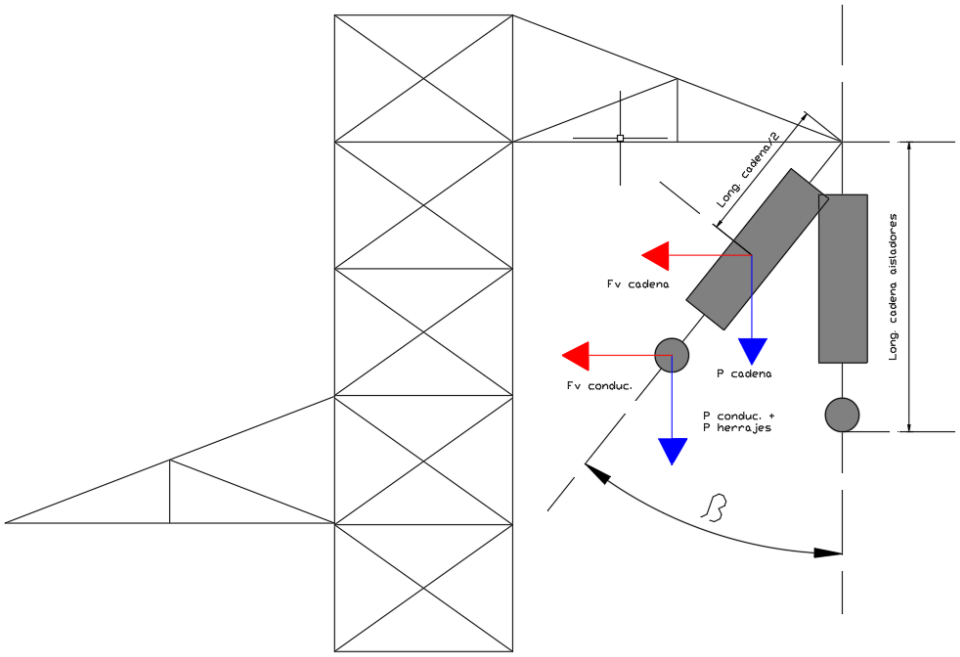


Ilustración 9 Desviación de la cadena de aisladores

Según lo establecido por el apartado 3.1.2.1 de la ITC-LAT-07, las fuerzas del viento sobre los conductores y sobre un apoyo de alineación viene dado por:

$$Fv\ conductores = q\ x\ d\ x \frac{a1 + a2}{2}$$

- d: diámetro del conductor

- q: presión del viento. 0,273 daN/m
- a1 y a2 son las longitudes de los vanos adyacentes

Atendiendo a lo establecido en el apartado 3.1.2.2 de la ITC-LAT-07, fuerzas del viento sobre las cadenas de aisladores:

$$Fv\ cadenas = q\ x\ Ai = 50{,}50\ daN$$

- q: presión del viento $= 70\ x\ \left(\frac{140}{120}\right)^2 = 95{,}28\ daN/m^2$
- Ai: área de la cadena de aisladores. $A = Longitud\ cadena\ x\ diámetro\ aislador = 2{,}074\ m\ x\ 0{,}255\ m = 0{,}53\ m^2$

$$\beta\ (Ángulo\ de\ desviación) = tan^{-1}\left(\frac{\frac{Fv\ cadena}{2} + Fv\ conductor}{\frac{P\ cadena}{2} + P\ conductor}\right)$$

- P cadena: peso de la cadena de suspensión
- P conductor: peso del conductor de fase soportador por la cadena de suspensión (peso propio + acción del viento a 70km/h).

Apoyo	Ángulo de desviación (º)
1	0
2	25,77
3	19,79
4	0
5	0
6	18,07
7	20,12
8	22,20
9	0
10	0
11	20,03
12	18,16
13	27,56
14	0
15	0
16	24,50
17	0
18	0
19	26,60
20	23,96

21	0
22	0
23	0

En el caso de que, se incorporarían contrapesas para reducir dichos ángulos.

DISTANCIAS ELÉCTRICAS DE SEGURIDAD EXTERNAS

Las distancias externas de seguridad garantizarán aislamiento de la línea entre los conductores de fase y objetos bajo o próximos a la línea de evacuación, para evitar daños por descargas eléctricas.

- Distancias al terreno.

En base a lo establecido en el apartado 5.3.1 de la ITC-LAT-07 del RLEAAT, la altura de los apoyos será la necesaria para que los conductores con su máxima flecha vertical, queden situados por encima de cualquier punto del terreno, senda, vereda o superficie de agua no navegable.

$$Daa + Del = 5{,}30 + Del = \ 7{,}00\ m$$

- Cruzamientos presentes con otras líneas eléctricas aéreas
  - Cruce con línea aérea de 380Kv entre los apoyos nº4 y nº5. Se situará a mayor altura la de tensión más elevada. El cruce se efectuará en la proximidad de uno de los apoyos de la línea más elevada siendo la distancia mínima entre conductores de la línea inferior y las partes más próximas de los apoyos de la línea superior de 7 metros.

  - Cruce con línea aérea de 380Kv entre los apoyos nº14 y nº15. Se situará a mayor altura la de tensión más elevada. El cruce se efectuará en la proximidad de uno de los apoyos de la línea más elevada siendo la distancia mínima entre conductores de la línea inferior y las partes más próximas de los apoyos de la línea superior de 7 metros.

  - Cruce con línea aérea de 380Kv entre los apoyos nº20 y nº21. Se situará a mayor altura la de tensión más elevada. El cruce se efectuará en la proximidad de uno de los apoyos de la línea más elevada siendo la distancia mínima entre conductores de la línea inferior y las partes más próximas de los apoyos de la línea superior de 7 metros.

Aplicable a todos los cruzamientos con líneas aéreas de 380 KV, la mínima distancia verticalmente los conductores de fase de ambas líneas en las condiciones más desfavorables (suponiendo los conductores de la línea superior en condiciones de máxima flecha y libres de carga los conductores de la línea inferior a la temperatura mínima de la zona B, -15ºC), no será inferior a:

$$Dadd + Dpp = \ 4{,}00 + \ 2{,}00\ m = 6{,}00\ m$$

Siendo el valor de D_{add} el aportado por la tabla 17 perteneciente al apartado 5.6.1 de la ITC-LAT-07 del RLEAAT.

  - Cruce con línea aérea de 220 Kv entre los apoyos nº9 y nº10. Se situará a mayor altura la línea de nueva instalación. El cruce se efectuará en la proximidad de uno

de los apoyos de la línea más elevada siendo la distancia mínima entre conductores de la línea inferior y las partes más próximas de los apoyos de la línea superior de 5 metros.

- Cruce con línea aérea de 220 Kv entre los apoyos nº12 y nº13. Se situará a mayor altura la línea de nueva instalación. El cruce se efectuará en la proximidad de uno de los apoyos de la línea más elevada siendo la distancia mínima entre conductores de la línea inferior y las partes más próximas de los apoyos de la línea superior de 5 metros.

Aplicable a todos los cruzamientos con líneas aéreas de 220 KV, la mínima distancia verticalmente los conductores de fase de ambas líneas en las condiciones más desfavorables (suponiendo los conductores de la línea superior en condiciones de máxima flecha y libres de carga los conductores de la línea inferior a la temperatura mínima de la zona B, -15ºC), no será inferior a:

$$Dadd + Dpp = 3{,}50 + 2{,}00\ m = 5{,}5\ m$$

Siendo el valor de D_{add} el aportado por la tabla 17 perteneciente al apartado 5.6.1 de la ITC-LAT-07 del RLEAAT.

- Cruce con línea aérea de 138 kV entre los apoyos nº21 y nº22. Se situará, en este caso, la nueva línea proyectada encima de la línea existente. El cruce se efectuará en la proximidad de uno de los apoyos de la línea más elevada siendo la distancia mínima entre conductores de la línea inferior y las partes más próximas de los apoyos de la línea superior de 5 metros.

- Cruce con línea aérea de 138 kV entre los apoyos nº22 y nº23. Se situará, en este caso, la nueva línea proyectada encima de la línea existente. El cruce se efectuará en la proximidad de uno de los apoyos de la línea más elevada siendo la distancia mínima entre conductores de la línea inferior y las partes más próximas de los apoyos de la línea superior de 5 metros.

Aplicable a todos los cruzamientos con líneas aéreas de 138 KV, la mínima distancia verticalmente los conductores de fase de ambas líneas en las condiciones más desfavorables (suponiendo los conductores de la línea superior en condiciones de máxima flecha y libres de carga los conductores de la línea inferior a la temperatura mínima de la zona B, -15ºC), no será inferior a:

$$Dadd + Dpp = 3{,}00 + 2{,}00\ m = 5{,}00\ m$$

Siendo el valor de D_{add} el aportado por la tabla 17 perteneciente al apartado 5.6.1 de la ITC-LAT-07 del RLEAAT.

Finalmente, se produce un cruzamiento con una línea aérea de 66 Kv entre los apoyos 15 y 16. Se situará, en este caso, la nueva línea proyectada encima de la línea existente. El cruce se efectuará en la proximidad de uno de los apoyos de la línea más elevada siendo la distancia mínima entre conductores de la línea inferior y las partes más próximas de los apoyos de la línea superior de 5 metros.
Aplicable a todos los cruzamientos con líneas aéreas de 66 KV, la mínima distancia verticalmente los conductores de fase de ambas líneas en las condiciones más desfavorables (suponiendo los

conductores de la línea superior en condiciones de máxima flecha y libres de carga los conductores de la línea inferior a la temperatura mínima de la zona B, -15ºC), no será inferior a:

$$Dadd + Dpp = 2{,}50 + 2{,}00\ m = 4{,}50\ m$$

Siendo el valor de D_{add} el aportado por la tabla 17 perteneciente al apartado 5.6.1 de la ITC-LAT-07 del RLEAAT.

- Paralelismos entre líneas eléctricas aéreas

La traza planteada para la línea de evacuación proyectada discurre paralela a una línea eléctrica aérea de 380 KV ya existente pero que dispone de sus apoyos independientes.



Ilustración 10 Franja de 50 metros sobre la traza de la línea

- Distancias a carreteras

La traza proyectada de la línea de evacuación debe realizar dos cruces de carreteras de la Red de Carreteras del estado:

- Autovía E90-A5. Cruce realizado entre los apoyos nº20 y nº21. La ubicación del apoyo más próximo a la infraestructura viaria cumple la restricción de 50 m establecida en el apartado 5.7 de la ITC-LAT-07 del RLEAAT de distancia mínima situándose a 92 metros.

- Carretera Comarcal CC-144. Cruce realizado entre los apoyos nº15 y nº16. La ubicación del apoyo más próximo a la infraestructura viaria cumple la restricción de 25 m establecida en el apartado 5.7 de la ITC-LAT-07 del RLEAAT de distancia mínima situándose a 179,28 metros.

Para ambos cruzamientos la distancia mínima vertical de los conductores sobre la rasante de la carretera será de:

$$Dadd + Del = 7{,}50\ m + 1{,}70\ m = 9{,}20\ m$$

- Distancias a ríos

La instalación del apoyo más próximo al borde del cauce del río se situará a unos 82 m (ver la distancia real) cumpliendo con la distancia mínima establecida por el RLEAAT en su apartado 5.11 de la ITC-LAT-07.

La distancia mínima vertical de los conductores, con su máxima flecha vertical según la hipótesis de hielo y viento, sobre la superficie del agua debe cumplir:

$$G + 3{,}5 + Del = 4{,}70\ m + \ 3{,}50\ m + \ 1{,}70\ m = 9{,}90\ m$$

CAPÍTULO 7 CÁLCULO DE APOYOS

Todos los apoyos diseñados para el proyecto serán apoyos metálicos, por ello, atendiendo a la establecido el RLEAAT en su apartado 2.4.2 de la ITC-LAT-07, las características técnicas de sus componentes (perfiles, chapas, tornillería o galvanizado) responderán a lo indicados en las normas UNE aplicables.

No se emplearán perfiles abiertos de espesor inferior a cuatro milímetros ni tornillos de diámetro inferior a 12 milímetros. Se incluirá protección anticorrosiva de máxima duración, siendo también los perfiles utilizados de acero cuyo límite elástico será igual o superior a 275 N/mm^2.

Criterios de agotamiento a considerar, según el apartado 3.5.1 de la ITC-LAT-07, son:

- Rotura (descohesión)
- Fluencia (deformaciones permanentes)
- Inestabilidad (pandeo o inestabilidad general)
- Resiliencia (resistencia a bajas temperaturas)

En aplicación a lo estipulado en el apartado 3.5.3 de la ITC-LAT-07, el cálculo de los apoyos empleados en la línea de evacuación se realiza de forma individual y en cumplimiento de las diferentes hipótesis planteadas según el tipo de apoyo.

7.1 EOLOVANO:

El eolovano de un apoyo es la longitud de vano horizontal que hay que considerar para determinar el esfuerzo que, debido a la acción del viento sobre los conductores, transmiten éstos sobre el apoyo. Permite conocer la carga transversal que afecta al apoyo.

$$a_{\mathrm{v}} = \frac{a1 + a2}{2}$$

- a1 y a2: longitud de los vanos anterior y posterior al apoyo estudiado, en metros.

7.2 GRAVIVANO

El gravivano de un apoyo es la longitud de vano que determina la acción del peso que los conductores le transmiten. Permite conocer el esfuerzo vertical solicitado al apoyo.

$$ag = \frac{a1 + a2}{2} + \frac{d1 * T1}{a1 * p} - \frac{d2 * T2}{a2 * p}$$

- d1 y d2: desniveles de los vanos anterior y posterior al apoyo estudiado, en metros.
- p: peso aparante del conductor en las condiciones requeridas, en daN/m.
- T1 y T2: las tracciones horizontales del vano anterior y el posterior al apoyo estudiados según las condiciones requeridas, en daN.

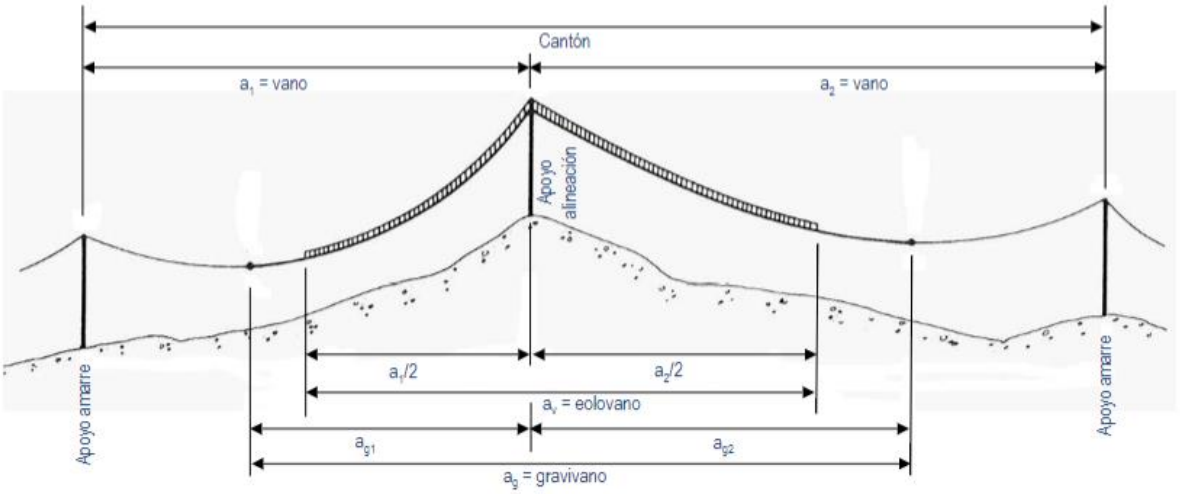


Ilustración 11 Parámetros del eolovano y gravivano

7.3 HIPÓTESIS NORMALES

Según la tabla 9 del apartado 3.5.4 de la ITC-LAT-07, las hipótesis consideradas "normales" se corresponden con las hipótesis 1ª y 2ª de las tablas 7 y 8 del apartado 3.5.3, independientemente del tipo de apoyo diseñado.

A los diferentes apoyos a analizar, al tratarse de apoyos metálicos, el coeficiente de seguridad respecto al límite de fluencia será 1.5.

7.3.1 1ª HIPÓTESIS. VIENTO

7.3.1.1 APOYOS DE SUSPENSIÓN EN ALINEACIÓN Y APOYOS DE ALINEACIÓN EN ÁNGULO

7.3.1.1.1 Esfuerzos verticales

Cargas permanentes considerando los conductores y cables de guarda sometidos a una sobrecarga de viento a 140km/h y temperatura de -10ºC.

$$F_v = Peso\ conductores + Peso\ cadena\ aisladores + Peso\ herrajes$$

- **Peso conductores:** referido a los conductores de fase (6 x 0,957 daN/m) y cable de guarda (1 x 0,55 daN/m) de los vanos.

$$Peso\ conductores = Peso\ conductor\ fase + Peso\ cable\ guarda = n * pp * agv$$

$$agv = \frac{a1 + a2}{2} + \frac{Tense\ viento}{P\ ap\ viento}\left(\frac{d1}{a1} - \frac{d2}{a2}\right)$$

- n: número de conductores del circuito

- a_{gv}: gravivano considerando la sobrecarga de viento
- P_{ap} viento: peso aparente de los conductores de fase y cable de guarda en las condiciones de las 1º hipótesis, viento.

- **Peso cadena de aisladores**. Siendo el peso de cada aislador de vidrio de tipo U120B, 3,90 kg y el número de aisladores en las cadenas de suspensión de 16 unidades, se establece una carga total de 183,58 daN.

- Peso herrajes: se considera para éstos un coeficiente de mayoración de un 2 % aplicado sobre el total de las solicitudes del conductor de fase.

7.3.1.1.2 Esfuerzos transversales

Atendiendo a lo establecido por la tabla 7 apartado 3.5.3 de la ITC-LAT-07, se consideran cargas permanentes considerando un esfuerzo del viento correspondiente a la velocidad mínima, 140 km/h sobre conductores de fase, cable de tierra y apoyos.

$F_T = n * pv * ae$

- n: número de conductores del circuito
- p_v: sobrecarga de viento (daN/m)
- a_e: eolovano del apoyo (m)

7.3.1.1.3 Esfuerzos longitudinales

No aplica según lo estipulado en la tabla 7, apartado 3.5.3 de la ITC-LAT-07.

7.3.1.2 APOYOS DE ANCLAJE EN ALINEACIÓN

7.3.1.2.1 Esfuerzos verticales

Cargas permanentes considerando los conductores y cables de guarda sometidos a una sobrecarga de viento a 140km/h y temperatura de -10ºC.

$$F_v = Peso\ conductores + 2 * Peso\ cadena\ aisladores + 2 * Peso\ herrajes$$

- **Peso conductores:** referido a los conductores de fase (6 x 0,957 daN/m) y cable de guarda (1 x 0,55 daN/m) de los vanos.

$$Peso\ conductores = Peso\ conductor\ fase + Peso\ cable\ guarda = n * pp * agv$$

$$agv = \frac{a1 + a2}{2} + \frac{Tense\ viento}{P\ ap\ viento}\left(\frac{d1}{a1} - \frac{d2}{a2}\right)$$

- n: número de conductores del circuito
- a_{gv}: gravivano considerando la sobrecarga de viento
- P_{ap} viento: peso aparente de los conductores de fase y cable de guarda en las condiciones de las 1º hipótesis, viento.

- **Peso cadena de aisladores**. Siendo el peso de cada aislador de vidrio de tipo U120B, 3,90 kg y el número de aisladores en las cadenas de suspensión de 16 unidades, se establece una carga total de 183,58 daN.

- Peso herrajes: se considera para éstos un coeficiente de mayoración de un 2 % aplicado sobre el total de las solicitudes del conductor de fase

7.3.1.2.2 Esfuerzos transversales

Atendiendo a lo establecido por la tabla 8 apartado 3.5.3 de la ITC-LAT-07, se consideran cargas permanentes considerando un esfuerzo del viento correspondiente a la velocidad mínima, 140 km/h sobre conductores de fase, cable de tierra y apoyos.

$$F_T = n * pv * ae$$

- n: número de conductores del circuito
- p_v: sobrecarga de viento (daN/m)
- a_e: eolovano del apoyo (m)

7.3.1.2.3 Esfuerzos longitudinales

No aplica según lo estipulado en la tabla 7, apartado 3.5.3 de la ITC-LAT-07.

7.3.1.3 APOYOS DE AMARRE EN ALINEACIÓN

7.3.1.3.1 Esfuerzos verticales

Cargas permanentes considerando los conductores y cables de guarda sometidos a una sobrecarga de viento a 140km/h y temperatura de -10ºC.

$$F_v = Peso\ conductores + 2 * Peso\ cadena\ aisladores + 2 * Peso\ herrajes$$

- **Peso conductores:** referido a los conductores de fase (6 x 0,957 daN/m) y cable de guarda (1 x 0,55 daN/m) de los vanos.

$$Peso\ conductores = Peso\ conductor\ fase + Peso\ cable\ guarda = n * pp * agv$$

$$agv = \frac{a1 + a2}{2} + \frac{Tense\ viento}{P\ ap\ viento}\left(\frac{d1}{a1} - \frac{d2}{a2}\right)$$

- n: número de conductores del circuito
- a_{gv}: gravivano considerando la sobrecarga de viento
- P_{ap} viento: peso aparente de los conductores de fase y cable de guarda en las condiciones de las 1º hipótesis, viento.

- **Peso cadena de aisladores**. Siendo el peso de cada aislador de vidrio de tipo U120B, 3,90 kg y el número de aisladores en las cadenas de suspensión de 16 unidades, se establece una carga total de 183,58 daN.

- Peso herrajes: se considera para éstos un coeficiente de mayoración de un 2 % aplicado sobre el total de las solicitudes del conductor de fase

7.3.1.3.2 Esfuerzos transversales

Atendiendo a lo establecido por la tabla 8 apartado 3.5.3 de la ITC-LAT-07, se consideran cargas permanentes considerando un esfuerzo del viento correspondiente a la velocidad mínima, 140 km/h sobre conductores de fase, cable de tierra y apoyos.

$$F_T = n * pv * ae$$

- n: número de conductores del circuito
- p_v: sobrecarga de viento (daN/m)
- a_e: eolovano del apoyo (m)

7.3.1.3.3 Esfuerzos longitudinales

No aplica según lo estipulado en la tabla 7, apartado 3.5.3 de la ITC-LAT-07.

7.3.1.4 APOYOS DE ANCLAJE EN ÁNGULO

7.3.1.4.1 Esfuerzos verticales

Cargas permanentes considerando los conductores y cables de guarda sometidos a una sobrecarga de viento a 140km/h y temperatura de -10ºC.

$$F_v = Peso\ conductores + 2 * Peso\ cadena\ aisladores + 2 * Peso\ herrajes$$

- **Peso conductores:** referido a los conductores de fase (6 x 0,957 daN/m) y cable de guarda (1 x 0,55 daN/m) de los vanos.

$$Peso\ conductores = Peso\ conductor\ fase + Peso\ cable\ guarda = n * pp * agv$$

$$agv = \frac{a1 + a2}{2} + \frac{Tense\ viento}{P\ ap\ viento}\left(\frac{d1}{a1} - \frac{d2}{a2}\right)$$

- n: número de conductores del circuito
- a_{gv}: gravivano considerando la sobrecarga de viento
- P_{ap} viento: peso aparente de los conductores de fase y cable de guarda en las condiciones de las 1º hipótesis, viento.

- **Peso cadena de aisladores**. Siendo el peso de cada aislador de vidrio de tipo U120B, 3,90 kg y el número de aisladores en las cadenas de suspensión de 16 unidades, se establece una carga total de 183,58 daN.

- Peso herrajes: se considera para éstos un coeficiente de mayoración de un 2 % aplicado sobre el total de las solicitudes del conductor de fase

7.3.1.4.2 Esfuerzos transversales

Atendiendo a lo establecido por la tabla 7 apartado 3.5.3 de la ITC-LAT-07, se consideran cargas permanentes considerando un esfuerzo del viento correspondiente a la velocidad mínima, 140 km/h sobre conductores de fase, cable de tierra y apoyos.

$$F_T = n * (pv * ae * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) + Rang)$$

$$R_{ang} = (Tense\ viento\ 1 + tense\ viento\ 2) * \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

- n: número de conductores del circuito
- a_e: eolovano (m)
- P_v: sobrecarga de viento (daN/m).
- α: ángulo de desviación de la traza (en rad).
- R_{ang}: resultante del ángulo de desviación de la traza por el viento (daN).

7.3.1.4.3 Esfuerzos longitudinales

No aplica según lo estipulado en la tabla 7, apartado 3.5.3 de la ITC-LAT-07.

7.3.1.4 APOYOS DE INICIO Y FIN DE LÍNEA

7.3.1.4.1 Esfuerzos verticales

Cargas permanentes considerando los conductores y cables de guarda sometidos a una sobrecarga de viento a 140km/h y temperatura de -10ºC.

$$F_v = Peso\ conductores + Peso\ cadena\ aisladores + Peso\ herrajes$$

- **Peso conductores:** referido a los conductores de fase (6 x 0,957 daN/m) y cable de guarda (1 x 0,55 daN/m) de los vanos.

$$Peso\ conductores = Peso\ conductor\ fase + Peso\ cable\ guarda = n * pp * agv$$

$$agv = \frac{a1 + a2}{2} + \frac{Tense\ viento}{P\ ap\ viento} * \frac{d}{a}$$

- n: número de conductores del circuito
- a_{gv}: gravivano considerando la sobrecarga de viento
- P_{ap} viento: peso aparente de los conductores de fase y cable de guarda en las condiciones de las 1º hipótesis, viento.

- **Peso cadena de aisladores**. Siendo el peso de cada aislador de vidrio de tipo U120B, 3,90 kg y el número de aisladores en las cadenas de suspensión de 16 unidades, se establece una carga total de 183,58 daN.

- Peso herrajes: se considera para éstos un coeficiente de mayoración de un 2 % aplicado sobre el total de las solicitudes del conductor de fase

7.3.1.4.2 Esfuerzos transversales

Atendiendo a lo establecido por la tabla 7 apartado 3.5.3 de la ITC-LAT-07, se consideran cargas permanentes considerando un esfuerzo del viento correspondiente a la velocidad mínima, 140 km/h sobre conductores de fase, cable de tierra y apoyos.

$$F_T = n * pv * ae$$

- n: número de conductores del circuito
- p_v: sobrecarga de viento (daN/m)
- a_e: eolovano del apoyo (m)

7.3.1.4.3 Esfuerzos longitudinales

Esfuerzos correspondientes al desequilibrio de tracciones. Según lo establecido en el apartado 3.1.4.4 de la ITC-LAT-07, se considerará un esfuerzo igual al 100% de las tracciones unilaterales de todos los conductores y cables de tierra, considerándose aplicado cada esfuerzo en el punto de fijación del correspondiente conductor o cable de tierra al apoyo.

$$F_L = n * Tense\ viento$$

7.3.2 2ª HIPÓTESIS. HIELO

7.3.2.1 APOYOS DE SUSPENSIÓN EN ALINEACIÓN

7.3.2.1.1 Esfuerzos verticales

Cargas permanentes considerando los conductores y cables de guarda sometidos a una sobrecarga de hielo a una temperatura de -15ºC.

$$F_v = Peso\ conductores + Peso\ cadena\ aisladores + Peso\ herrajes$$

- **Peso conductores:** referido a los conductores de fase (6 x 0,957 daN/m) y cable de guarda (1 x 0,55 daN/m) de los vanos.

$$Peso\ conductores = Peso\ conductor\ fase + Peso\ cable\ guarda = n * pp * agh$$

$$agh = \frac{a1 + a2}{2} + \frac{Tense\ hielo}{P\ ap\ hielo}\left(\frac{d1}{a1} - \frac{d2}{a2}\right)$$

- n: número de conductores del circuito
- a_{gh}: gravivano considerando la sobrecarga de hielo.
- P_{ap} hielo: peso aparente de los conductores de fase y cable de guarda en las condiciones de las 2º hipótesis, hielo.

- **Peso cadena de aisladores**. Siendo el peso de cada aislador de vidrio de tipo U120B, 3,90 kg y el número de aisladores en las cadenas de suspensión de 16 unidades, se establece una carga total de 183,58 daN.

- Peso herrajes: se considera para éstos un coeficiente de mayoración de un 2 % aplicado sobre el total de las solicitudes del conductor de fase

7.3.2.1.2 Esfuerzos transversales

No aplica según lo estipulado en la tabla 7, apartado 3.5.3 de la ITC-LAT-07.

7.3.2.1.3 Esfuerzos longitudinales

No aplica según lo estipulado en la tabla 7, apartado 3.5.3 de la ITC-LAT-07.

7.3.2.2 APOYOS DE ANCLAJE EN ALINEACIÓN

7.3.2.2.1 Esfuerzos verticales

Cargas permanentes considerando los conductores y cables de guarda sometidos a una sobrecarga de hielo y a una temperatura de -15ºC.

$$F_v = Peso\ conductores + 2 * Peso\ cadena\ aisladores + 2 * Peso\ herrajes$$

- **Peso conductores:** referido a los conductores de fase (6 x 0,957 daN/m) y cable de guarda (1 x 0,55 daN/m) de los vanos.

$$Peso\ conductores = Peso\ conductor\ fase + Peso\ cable\ guarda = n * pp * agh$$

$$agh = \frac{a1 + a2}{2} + \frac{Tense\ hielo}{P\ ap\ hielo}\left(\frac{d1}{a1} - \frac{d2}{a2}\right)$$

- n: número de conductores del circuito
- a_{gh}: gravivano considerando la sobrecarga de hielo
- P_{ap} hielo: peso aparente de los conductores de fase y cable de guarda en las condiciones de las 2º hipótesis, hielo.

- **Peso cadena de aisladores**. Siendo el peso de cada aislador de vidrio de tipo U120B, 3,90 kg y el número de aisladores en las cadenas de suspensión de 16 unidades, se establece una carga total de 183,58 daN.

- Peso herrajes: se considera para éstos un coeficiente de mayoración de un 2 % aplicado sobre el total de las solicitudes del conductor de fase

7.3.2.2.2 Esfuerzos transversales

No aplica según lo estipulado en la tabla 7, apartado 3.5.3 de la ITC-LAT-07.

7.3.2.2.3 Esfuerzos longitudinales

No aplica según lo estipulado en la tabla 7, apartado 3.5.3 de la ITC-LAT-07.

7.3.2.2 APOYOS DE AMARRE EN ALINEACIÓN

7.3.2.2.1 Esfuerzos verticales

Cargas permanentes considerando los conductores y cables de guarda sometidos a una sobrecarga de hielo y a una temperatura de -15ºC.

$$F_v = Peso\ conductores + 2 * Peso\ cadena\ aisladores + 2 * Peso\ herrajes$$

- **Peso conductores:** referido a los conductores de fase (6 x 0,957 daN/m) y cable de guarda (1 x 0,55 daN/m) de los vanos.

$$Peso\ conductores = Peso\ conductor\ fase + Peso\ cable\ guarda = n * pp * agh$$

$$agh = \frac{a1 + a2}{2} + \frac{Tense\ hielo}{P\ ap\ hielo}\left(\frac{d1}{a1} - \frac{d2}{a2}\right)$$

- n: número de conductores del circuito
- a_{gh}: gravivano considerando la sobrecarga de hielo
- P_{ap} hielo: peso aparente de los conductores de fase y cable de guarda en las condiciones de las 2º hipótesis, hielo.

- **Peso cadena de aisladores**. Siendo el peso de cada aislador de vidrio de tipo U120B, 3,90 kg y el número de aisladores en las cadenas de suspensión de 16 unidades, se establece una carga total de 183,58 daN.

- Peso herrajes: se considera para éstos un coeficiente de mayoración de un 2 % aplicado sobre el total de las solicitudes del conductor de fase

7.3.2.2.2 Esfuerzos transversales

No aplica según lo estipulado en la tabla 7, apartado 3.5.3 de la ITC-LAT-07.

7.3.2.2.3 Esfuerzos longitudinales

No aplica según lo estipulado en la tabla 7, apartado 3.5.3 de la ITC-LAT-07.

7.3.2.3 APOYOS DE ANCLAJE EN ÁNGULO

7.3.2.3.1 Esfuerzos verticales

Cargas permanentes considerando los conductores y cables de guarda sometidos a una sobrecarga de hielo y a una temperatura de -15ºC.

$$F_v = Peso\ conductores + 2 * Peso\ cadena\ aisladores + 2 * Peso\ herrajes$$

- **Peso conductores:** referido a los conductores de fase (6 x 0,957 daN/m) y cable de guarda (1 x 0,55 daN/m) de los vanos.

$$Peso\ conductores = Peso\ conductor\ fase + Peso\ cable\ guarda = n * pp * agh$$

$$agh = \frac{a1 + a2}{2} + \frac{Tense\ hielo}{P\ ap\ hielo}\left(\frac{d1}{a1} - \frac{d2}{a2}\right)$$

- n: número de conductores del circuito
- a_{gv}: gravivano considerando la sobrecarga de hielo.
- P_{ap} hielo: peso aparente de los conductores de fase y cable de guarda en las condiciones de las 2º hipótesis, hielo.

- **Peso cadena de aisladores**. Siendo el peso de cada aislador de vidrio de tipo U120B, 3,90 kg y el número de aisladores en las cadenas de suspensión de 16 unidades, se establece una carga total de 183,58 daN.

- Peso herrajes: se considera para éstos un coeficiente de mayoración de un 2 % aplicado sobre el total de las solicitudes del conductor de fase

7.3.2.3.2 Esfuerzos transversales

Atendiendo a lo establecido por la tabla 7 apartado 3.5.3 de la ITC-LAT-07, se consideran cargas permanentes considerando un esfuerzo del viento correspondiente a la velocidad mínima, 140 km/h sobre conductores de fase, cable de tierra y apoyos.

$$F_T = n * (ph * ae * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) + Rang)$$

$$R_{ang} = (Tense\ hielo\ 1 + tense\ hielo\ 2) * \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

- n: número de conductores del circuito
- a_e: eolovano (m)
- P_h: sobrecarga de hielo (daN/m).
- α: ángulo de desviación de la traza (en rads).
- R_{ang}: resultante del ángulo de desviación de la traza por el hielo (daN).

7.3.2.3.3 Esfuerzos longitudinales

No aplica según lo estipulado en la tabla 7, apartado 3.5.3 de la ITC-LAT-07.

7.3.2.4 APOYOS DE INICIO Y FIN DE LÍNEA

7.3.2.4.1 Esfuerzos verticales

Cargas permanentes considerando los conductores y cables de guarda sometidos a una sobrecarga de hielo y a una temperatura de -15ºC.

$$F_v = Peso\ conductores + Peso\ cadena\ aisladores + Peso\ herrajes$$

- **Peso conductores:** referido a los conductores de fase (6 x 0,957 daN/m) y cable de guarda (1 x 0,55 daN/m) de los vanos.

$$Peso\ conductores = Peso\ conductor\ fase + Peso\ cable\ guarda = n * pp * agh$$

$$agh = \frac{a1 + a2}{2} + \frac{Tense\ hielo}{P\ ap\ hielo} * \frac{d}{a}$$

- n: número de conductores del circuito
- a_{gv}: gravivano considerando la sobrecarga de hielo.
- P_{ap} hielo: peso aparente de los conductores de fase y cable de guarda en las condiciones de las 2º hipótesis, hielo.

- **Peso cadena de aisladores**. Siendo el peso de cada aislador de vidrio de tipo U120B, 3,90 kg y el número de aisladores en las cadenas de suspensión de 16 unidades, se establece una carga total de 183,58 daN.

- Peso herrajes: se considera para éstos un coeficiente de mayoración de un 2 % aplicado sobre el total de las solicitudes del conductor de fase

7.3.2.4.2 Esfuerzos transversales

No aplica según lo estipulado en la tabla 7, apartado 3.5.3 de la ITC-LAT-07.

7.3.2.4.3 Esfuerzos longitudinales

Esfuerzos correspondientes al desequilibrio de tracciones. Según lo establecido en el apartado 3.1.4.4 de la ITC-LAT-07, se considerará un esfuerzo igual al 100% de las tracciones unilaterales de todos los conductores y cables de tierra, considerándose aplicado cada esfuerzo en el punto de fijación del correspondiente conductor o cable de tierra al apoyo.

$$F_L = n * Tense\ hielo$$

7.3.3 2ª HIPÓTESIS. HIELO Y VIENTO

7.3.3.1 APOYOS DE SUSPENSIÓN EN ALINEACIÓN

7.3.3.1.1 Esfuerzos verticales viento e hielo

Cargas permanentes considerando los conductores y cables de guarda sometidos a una sobrecarga de hielo a una temperatura de -15ºC y de viento mínima de 70 km/h (línea de categoría especial).

$$F_v = Peso\ conductores + Peso\ cadena\ aisladores + Peso\ herrajes$$

- **Peso conductores:** referido a los conductores de fase (6 x 0,957 daN/m) y cable de guarda (1 x 0,55 daN/m) de los vanos.

$$Peso\ conductores = Peso\ conductor\ fase + Peso\ cable\ guarda = n * pp * agv$$

$$agv - h = \frac{a1 + a2}{2} + \frac{Tense\ hielo - viento}{P\ ap\ hielo - viento}\left(\frac{d1}{a1} - \frac{d2}{a2}\right)$$

- n: número de conductores del circuito
- $a_{gv\text{-}h}$: gravivano considerando la sobrecarga de viento y viento
- P_{ap} hielo+viento: peso aparente de los conductores de fase y cable de guarda.

- **Peso cadena de aisladores**. Siendo el peso de cada aislador de vidrio de tipo U120B, 3,90 kg y el número de aisladores en las cadenas de suspensión de 16 unidades, se establece una carga total de 183,58 daN.

- Peso herrajes: se considera para éstos un coeficiente de mayoración de un 2 % aplicado sobre el total de las solicitudes del conductor de fase

7.3.3.1.2 Esfuerzos transversales

Atendiendo a lo establecido por la tabla 7 apartado 3.5.3 de la ITC-LAT-07, se consideran cargas permanentes considerando un esfuerzo del viento correspondiente a la velocidad mínima, 70 km/h para conductores de fase y cables de tierra.

$$F_T = n * pv * ae$$

- n: número de conductores del circuito
- p_v: sobrecarga de viento a 70 km/h (daN/m)
- a_e: eolovano del apoyo (m)

No aplica la sobrecarga de hielo con esfuerzo transversal en este tipo de apoyos.

7.3.3.1.3 Esfuerzos longitudinales

No aplica según lo estipulado en la tabla 7, apartado 3.5.3 de la ITC-LAT-07.

7.3.2.2 APOYOS DE AMARRE EN ALINEACIÓN

7.3.3.2.1 Esfuerzos verticales

Cargas permanentes considerando los conductores y cables de guarda sometidos a una sobrecarga de hielo a una temperatura de -15ºC y de viento mínima de 70 km/h (línea de categoría especial).

$$F_v = Peso\ conductores + 2 * Peso\ cadena\ aisladores + 2 * Peso\ herrajes$$

- **Peso conductores:** referido a los conductores de fase (6 x 0,957 daN/m) y cable de guarda (1 x 0,55 daN/m) de los vanos.

$$Peso\ conductores = Peso\ conductor\ fase + Peso\ cable\ guarda = n * pp * agh - v$$

$$agh - v = \frac{a1 + a2}{2} + \frac{Tense\ hielo - viento}{P\ ap\ hielo - viento}\left(\frac{d1}{a1} - \frac{d2}{a2}\right)$$

- n: número de conductores del circuito
- $a_{gh\text{-}v}$: gravivano considerando la sobrecarga de hielo y viento.
- P_{ap} hielo-viento: peso aparente de los conductores de fase y cable de guarda.

- **Peso cadena de aisladores**. Siendo el peso de cada aislador de vidrio de tipo U120B, 3,90 kg y el número de aisladores en las cadenas de suspensión de 16 unidades, se establece una carga total de 183,58 daN.

- Peso herrajes: se considera para éstos un coeficiente de mayoración de un 2 % aplicado sobre el total de las solicitudes del conductor de fase

7.3.3.2.2 Esfuerzos transversales

Atendiendo a lo establecido por la tabla 7 apartado 3.5.3 de la ITC-LAT-07, se consideran cargas permanentes considerando un esfuerzo del viento correspondiente a la velocidad mínima, 70 km/h para conductores de fase y cables de tierra.

$F_T = n * pv * ae$

- n: número de conductores del circuito
- p_v: sobrecarga de viento a 70 km/h (daN/m)
- a_e: eolovano del apoyo (m)

No aplica la sobrecarga de hielo con esfuerzo transversal en este tipo de apoyos.

7.3.3.2.3 Esfuerzos longitudinales

No aplica según lo estipulado en la tabla 7, apartado 3.5.3 de la ITC-LAT-07.

7.3.2.3 APOYOS DE AMARRE EN ÁNGULO

7.3.3.3.1 Esfuerzos verticales

Cargas permanentes considerando los conductores y cables de guarda sometidos a una sobrecarga de hielo a una temperatura de -15ºC y de viento mínima de 70 km/h (línea de categoría especial).

$$F_v = Peso\ conductores + 2 * Peso\ cadena\ aisladores + 2 * Peso\ herrajes$$

- **Peso conductores:** referido a los conductores de fase (6 x 0,957 daN/m) y cable de guarda (1 x 0,55 daN/m) de los vanos.

$$Peso\ conductores = Peso\ conductor\ fase + Peso\ cable\ guarda = n * pp * agh - v$$

$$agh - v = \frac{a1 + a2}{2} + \frac{Tense\ hielo - viento}{P\ ap\ hielo - viento}\left(\frac{d1}{a1} - \frac{d2}{a2}\right)$$

- n: número de conductores del circuito
- $a_{gv\text{-}h}$: gravivano considerando la sobrecarga de hielo y viento.
- P_{ap} hielo+viento: peso aparente de los conductores de fase y cable de guarda.

- **Peso cadena de aisladores**. Siendo el peso de cada aislador de vidrio de tipo U120B, 3,90 kg y el número de aisladores en las cadenas de suspensión de 16 unidades, se establece una carga total de 183,58 daN.

- Peso herrajes: se considera para éstos un coeficiente de mayoración de un 2 % aplicado sobre el total de las solicitudes del conductor de fase

7.3.3.31.2 Esfuerzos transversales

Atendiendo a lo establecido por la tabla 7 apartado 3.5.3 de la ITC-LAT-07, se consideran cargas permanentes considerando un esfuerzo del viento correspondiente a la velocidad mínima, 70 km/h para conductores de fase y cables de tierra.

$$F_T = n * pv * ae$$

- n: número de conductores del circuito
- p_v: sobrecarga de viento a 70 km/h (daN/m)
- a_e: eolovano del apoyo (m)

No aplica la sobrecarga de hielo con esfuerzo transversal en este tipo de apoyos.

7.3.3.1.3 Esfuerzos longitudinales

No aplica según lo estipulado en la tabla 7, apartado 3.5.3 de la ITC-LAT-07.

7.3.3.4 APOYOS DE INICIO Y FIN DE LÍNEA

7.3.3.4.1 Esfuerzos verticales

Cargas permanentes considerando los conductores y cables de guarda sometidos a una sobrecarga de hielo a una temperatura de -15ºC y de viento mínima de 70 km/h (línea de categoría especial).

$$F_v = Peso\ conductores + Peso\ cadena\ aisladores + Peso\ herrajes$$

- **Peso conductores:** referido a los conductores de fase (6 x 0,957 daN/m) y cable de guarda (1 x 0,55 daN/m) de los vanos.

$$Peso\ conductores = Peso\ conductor\ fase + Peso\ cable\ guarda = n * pp * agv - h$$

$$agv - h = \frac{a1 + a2}{2} + \frac{Tense\ viento - hielo}{P\ ap\ viento - hielo} * \frac{d}{a}$$

- n: número de conductores del circuito
- a_{gv-h}: gravivano considerando la sobrecarga de viento
- P_{ap} viento+hielo: peso aparente de los conductores de fase y cable de guarda.

- **Peso cadena de aisladores**. Siendo el peso de cada aislador de vidrio de tipo U120B, 3,90 kg y el número de aisladores en las cadenas de suspensión de 16 unidades, se establece una carga total de 183,58 daN.

- Peso herrajes: se considera para éstos un coeficiente de mayoración de un 2 % aplicado sobre el total de las solicitudes del conductor de fase

7.3.3.4.2 Esfuerzos transversales

Atendiendo a lo establecido por la tabla 7 apartado 3.5.3 de la ITC-LAT-07, se consideran cargas permanentes considerando un esfuerzo del viento correspondiente a la velocidad mínima, 70 km/h sobre conductores de fase, cable de tierra y apoyos.

$$F_T = n * pv * ae$$

- n: número de conductores del circuito
- p_v: sobrecarga de viento (daN/m)
- a_e: eolovano del apoyo (m)

No aplica la sobrecarga de hielo con esfuerzo transversal en este tipo de apoyos.

7.3.1.4.3 Esfuerzos longitudinales

Esfuerzos correspondientes al desequilibrio de tracciones. Según lo establecido en el apartado 3.1.4.4 de la ITC-LAT-07, se considerará un esfuerzo igual al 100% de las tracciones unilaterales de todos los conductores y cables de tierra, considerándose aplicado cada esfuerzo en el punto de fijación del correspondiente conductor o cable de tierra al apoyo.

$$F_L = n * Tense\ viento - hielo$$

7.4 HIPÓTESIS ANORMALES

Según la tabla 9 del apartado 3.5.4 de la ITC-LAT-07, las hipótesis consideradas “anormales” se corresponden con las hipótesis 3ª y 4ª de las tablas 7 y 8 del apartado 3.5.3, para los apoyos de alineación, ángulo y anclaje, siendo únicamente la hipótesis 4ª para los inicios y fin de línea.

A los diferentes apoyos a analizar, al tratarse de apoyos metálicos, el coeficiente de seguridad respecto al límite de fluencia será 1.2 para estas hipótesis

7.4.1 3ª HIPÓTESIS. DESEQUILIBRIO DE TRACCIONES

7.4.1.1 APOYOS DE SUSPENSIÓN EN ALINEACIÓN

7.4.1.1.1 Esfuerzos verticales

Cargas permanentes considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima y a una sobrecarga de viento mínima de 70km/h al ser una línea de categoría especial.

Se realizarán los mismos cálculos que los establecidos para la hipótesis de hielo y viento para este tipo de esfuerzos.

7.4.1.1.2 Esfuerzos transversales

No aplica según lo estipulado en la tabla 7, apartado 3.5.3 de la ITC-LAT-07.

7.4.1.1.3 Esfuerzos longitudinales

Atendiendo a lo establecido en la tabla 7, apartado 3.5.3 de la ITC-LAT-07, y posteriormente en el apartado 3.1.4.1, "desequilibrio en apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de aislamiento de suspensión", para líneas de tensión superior a 66 kV se considerará un esfuerzo longitudinal equivalente al 15 % de las tracciones unilaterales de todos los conductores y cables de tierra. Esfuerzo que será aplicado en el punto de fijación al apoyo.

$$F_L = n * \%\ desequilibrio\ * Tense\ viento - hielo$$

- n: número de conductores del circuito
- % desequilibrio: coeficiente de desequilibrio, es decir, un 15%.

7.4.1.2 APOYOS DE AMARRE EN ALINEACIÓN

7.4.1.2.1 Esfuerzos verticales

Cargas permanentes considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima y a una sobrecarga de viento mínima de 70km/h al ser una línea de categoría especial.

Se realizarán los mismos cálculos que los establecidos para la hipótesis de hielo y viento para este tipo de esfuerzos.

7.4.1.2.2 Esfuerzos transversales

No aplica según lo estipulado en la tabla 7, apartado 3.5.3 de la ITC-LAT-07.

7.4.1.2.3 Esfuerzos longitudinales

Atendiendo a lo establecido en la tabla 7, apartado 3.5.3 de la ITC-LAT-07, y posteriormente en el apartado 3.1.4.2, "desequilibrio en apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de aislamiento de amarre", para líneas de tensión superior a 66 kV se considerará un esfuerzo longitudinal equivalente al 25 % de las tracciones unilaterales de todos los conductores y cables de tierra. Esfuerzo que será aplicado en el punto de fijación al apoyo.

$$F_L = n * \%\ desequilibrio\ * Tense\ viento - hielo$$

- n: número de conductores del circuito
- % desequilibrio: coeficiente de desequilibrio, es decir, un 25%.

7.4.1.3 APOYOS DE AMARRE EN ÁNGULO

7.4.1.3.1 Esfuerzos verticales

Cargas permanentes considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima y a una sobrecarga de viento mínima de 70km/h al ser una línea de categoría especial.

Se realizarán los mismos cálculos que los establecidos para la hipótesis de hielo y viento para este tipo de esfuerzos.

7.4.1.3.2 Esfuerzos transversales

$$F_T = n * (2 - \%\ desequilibrio) * Tense\ viento - hielo * sen(\alpha/2)$$

- n: número de conductores del circuito
- % desequilibrio: coeficiente de desequilibrio, es decir, un 25%.
- α: ángulo de desviación de la traza (rad)

7.4.1.3.3 Esfuerzos longitudinales

Atendiendo a lo establecido en la tabla 7, apartado 3.5.3 de la ITC-LAT-07, y posteriormente en el apartado 3.1.4.2, “desequilibrio en apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de aislamiento de amarre”, para líneas de tensión superior a 66 kV se considerará un esfuerzo longitudinal equivalente al 25 % de las tracciones unilaterales de todos los conductores y cables de tierra. Esfuerzo que será aplicado en el punto de fijación al apoyo.

$$F_L = n * \%\ desequilibrio\ * Tense\ viento - hielo * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

- n: número de conductores del circuito
- % desequilibrio: coeficiente de desequilibrio, es decir, un 25%.
- α: ángulo de desviación de la traza (rad)

7.4.1.4 APOYOS DE INICIO Y FIN DE LÍNEA

7.4.1.4.1 Esfuerzos verticales

No aplica según lo estipulado en la tabla 7, apartado 3.5.3 de la ITC-LAT-07.

7.4.1.4.2 Esfuerzos transversales

No aplica según lo estipulado en la tabla 7, apartado 3.5.3 de la ITC-LAT-07.

7.4.1.4.3 Esfuerzos longitudinales

No aplica según lo estipulado en la tabla 7, apartado 3.5.3 de la ITC-LAT-07.

7.4.2 4ª HIPÓTESIS. ROTURA DE CONDUCTORES

Se estudiará en esta hipótesis los esfuerzos generados en los apoyos debido a la rotura del conductor de fase y del cable de guarda.

7.4.2.1 APOYOS DE SUSPENSIÓN EN ALINEACIÓN

7.4.2.1.1 Esfuerzos verticales

Cargas permanentes considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima y a una sobrecarga de viento mínima de 70km/h al ser una línea de categoría especial.

Se realizarán los mismos cálculos que los establecidos para la hipótesis de hielo y viento para este tipo de esfuerzos para los conductores sin falla.
Para los conductores rotos, las cargas verticales transferidas al apoyo se deben a las partes aún sujetas sometidas a una sobrecarga de hielo mínima y a una de viento de 70 km/h.

$$F_{\mathrm{v}} = Peso\ conductores + Peso\ cadena\ aisladores + Peso\ herrajes$$

- **Peso conductores:** referido a los conductores de fase (6 x 0,957 daN/m) y cable de guarda (1 x 0,55 daN/m) de los vanos.

$$Peso\ conductores = Peso\ conductor\ fase + Peso\ cable\ guarda$$
$$= n * p\ ap\ hielo - viento * agv - h$$

$$agv - h = \frac{a1 + a2}{2} + \frac{Tense\ viento - hielo}{P\ ap\ viento - hielo} * \frac{d}{a}$$

- n: número de conductores del circuito
- $a_{gv\text{-}h}$: gravivano considerando la sobrecarga de viento
- P_{ap} viento+hielo: peso aparente de los conductores de fase y cable de guarda.

- **Peso cadena de aisladores**. Siendo el peso de cada aislador de vidrio de tipo U120B, 3,90 kg y el número de aisladores en las cadenas de suspensión de 16 unidades, se establece una carga total de 183,58 daN.

- Peso herrajes: se considera para éstos un coeficiente de mayoración de un 2 % aplicado sobre el total de las solicitudes del conductor de fase

7.4.2.1.2 Esfuerzos transversales

No aplica según lo estipulado en la tabla 7, apartado 3.5.3 de la ITC-LAT-07.

6.4.2.1.3 Esfuerzos longitudinales

En conductores operativos no aplica.

Pero en conductores rotos, atendiendo a lo establecido en el apartado 3.1.5.1 de la ITC-LAT-07, "Rotura de conductores en apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de aislamiento en suspensión", se considerará un esfuerzo unilateral correspondiente a la rotura de un solo conductor o cable de tierra. El valor mínimo admisible del esfuerzo de rotura que se debe considerar es el 50 % de la tensión del cable roto en líneas dúplex.

$$F_L = \%\, rotura \ * Tense\ viento - hielo * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

- % rotura: coeficiente de desequilibrio, es decir, un 50%.

7.4.2.2 APOYOS DE AMARRE EN ALINEACIÓN

7.4.2.2.1 Esfuerzos verticales

Cargas permanentes considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima y a una sobrecarga de viento mínima de 70km/h al ser una línea de categoría especial.

Se realizarán los mismos cálculos que los establecidos para la hipótesis de hielo y viento para este tipo de esfuerzos para los conductores sin falla.
Para los conductores rotos, las cargas verticales transferidas al apoyo se deben a las partes aún sujetas sometidas a una sobrecarga de hielo mínima y a una de viento de 70 km/h.

$$F_v = Peso\ conductores + 2 * Peso\ cadena\ aisladores + 2 * Peso\ herrajes$$

- **Peso conductores:** referido a los conductores de fase (6 x 0,957 daN/m) y cable de guarda (1 x 0,55 daN/m) de los vanos.

$$Peso\ conductores = Peso\ conductor\ fase + Peso\ cable\ guarda$$
$$= n * \ p\ ap\ hielo - viento * \ agv - h$$

$$agv - h = \frac{a1 + a2}{2} + \frac{Tense\ viento - hielo}{P\ ap\ viento - hielo} * \frac{d}{a}$$

- n: número de conductores del circuito
- a_{gv-h}: gravivano considerando la sobrecarga de viento
- P_{ap} viento+hielo: peso aparente de los conductores de fase y cable de guarda.

- **Peso cadena de aisladores**. Siendo el peso de cada aislador de vidrio de tipo U120B, 3,90 kg y el número de aisladores en las cadenas de suspensión de 16 unidades, se establece una carga total de 183,58 daN.

- Peso herrajes: se considera para éstos un coeficiente de mayoración de un 2 % aplicado sobre el total de las solicitudes del conductor de fase

7.4.2.2.2 Esfuerzos transversales

No aplica según lo estipulado en la tabla 7, apartado 3.5.3 de la ITC-LAT-07.

7.4.2.2.3 Esfuerzos longitudinales

En conductores operativos no aplica.

Pero en conductores rotos, atendiendo a lo establecido en el apartado 3.1.5.2 de la ITC-LAT-07, "Rotura de conductores en apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de aislamiento en amarre", se considera el esfuerzo correspondiente a la rotura de un solo conductor por fase o cable de tierra, sin reducción alguna de su tensión.

$$F_L = Tense\ viento - hielo$$

7.4.2.3 APOYOS DE AMARRE EN ÁNGULO

7.4.2.3.1 Esfuerzos verticales

Cargas permanentes considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima y a una sobrecarga de viento mínima de 70km/h al ser una línea de categoría especial.

Se realizarán los mismos cálculos que los establecidos para la hipótesis de hielo y viento para este tipo de esfuerzos para los conductores sin falla.
Para los conductores rotos, las cargas verticales transferidas al apoyo se deben a las partes aún sujetas sometidas a una sobrecarga de hielo mínima y a una de viento de 70 km/h.

$$F_v = Peso\ conductores + 2 * Peso\ cadena\ aisladores + 2 * Peso\ herrajes$$

- **Peso conductores:** referido a los conductores de fase (6 x 0,957 daN/m) y cable de guarda (1 x 0,55 daN/m) de los vanos.

$$Peso\ conductores = Peso\ conductor\ fase + Peso\ cable\ guarda$$
$$= n * p\ ap\ hielo - viento * agv - h$$

$$agv - h = \frac{a1 + a2}{2} + \frac{Tense\ viento - hielo}{P\ ap\ viento - hielo} * \frac{d}{a}$$

- n: número de conductores del circuito
- a_{gv-h}: gravivano considerando la sobrecarga de viento
- P_{ap} viento+hielo: peso aparente de los conductores de fase y cable de guarda.

- **Peso cadena de aisladores**. Siendo el peso de cada aislador de vidrio de tipo U120B, 3,90 kg y el número de aisladores en las cadenas de suspensión de 16 unidades, se establece una carga total de 183,58 daN.

- Peso herrajes: se considera para éstos un coeficiente de mayoración de un 2 % aplicado sobre el total de las solicitudes del conductor de fase

7.4.2.3.2 Esfuerzos transversales

Para conductores operativos, atendiendo a lo establecido por la tabla 7 apartado 3.5.3 de la ITC-LAT-07, se considera:

$$F_T = n * (Tense\ hielo - viento\ 1 + Tense\ hielo - viento\ 2) * \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

- n: número de conductores del circuito
- α: ángulo de desviación de la traza (en rads).

Para conductores rotos, el esfuerzo es el causado por la resultante del ángulo de desviación de la traza bajo la acción del viento y del hielo:

$$F_T = (n * (Tense\ hielo - viento\ 1) + (n-1) * Tense\ hielo - viento\ 2)) * \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

- n: número de conductores del circuito
- α: ángulo de desviación de la traza (en rads).

7.4.2.3.3 Esfuerzos longitudinales

En conductores operativos no aplica.

Pero en conductores rotos, atendiendo a lo establecido en el apartado 3.1.5.2 de la ITC-LAT-07, "Rotura de conductores en apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de aislamiento en amarre", se considera el esfuerzo correspondiente a la rotura de un solo conductor por fase o cable de tierra, sin reducción alguna de su tensión.

$$F_L = (n * (Tense\ hielo - viento\ 1) - (n-1) * Tense\ hielo - viento\ 2)) * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

- n: número de conductores del circuito
- α: ángulo de desviación de la traza (en rads).

7.4.2.4 APOYOS DE INICIO Y FIN DE LÍNEA

7.4.2.4.1 Esfuerzos verticales

Se realizarán los mismos cálculos que los establecidos para la hipótesis de hielo y viento para este tipo de esfuerzos para los conductores sin falla.

Para la rotura de conductores, las cargas verticales transferidas al apoyo se deben a las partes aún sujetas sometidas a una sobrecarga de hielo mínima y a una de viento de 70 km/h.

$$F_v = Peso\ conductores + Peso\ cadena\ aisladores + Peso\ herrajes$$

- **Peso conductores:** referido a los conductores de fase (6 x 0,957 daN/m) y cable de guarda (1 x 0,55 daN/m) de los vanos.

$$Peso\ conductores = Peso\ conductor\ fase + Peso\ cable\ guarda$$
$$= n * \ p\ ap\ hielo - viento * \ agv - h$$

$$agv - h = \frac{a1 + a2}{2} + \frac{Tense\ viento - hielo}{P\ ap\ viento - hielo} * \frac{d}{a}$$

- n: número de conductores del circuito
- a_{gv-h}: gravivano considerando la sobrecarga de viento
- P_{ap} viento+hielo: peso aparente de los conductores de fase y cable de guarda.

- **Peso cadena de aisladores**. Siendo el peso de cada aislador de vidrio de tipo U120B, 3,90 kg y el número de aisladores en las cadenas de suspensión de 16 unidades, se establece una carga total de 183,58 daN.

- Peso herrajes: se considera para éstos un coeficiente de mayoración de un 2 % aplicado sobre el total de las solicitudes del conductor de fase

7.4.2.4.2 Esfuerzos transversales

No aplica según lo estipulado en la tabla 7, apartado 3.5.3 de la ITC-LAT-07.

7.4.2.4.3 Esfuerzos longitudinales

En conductores rotos no aplica.

En conductores operativos, se aplica lo establecido en el apartado 6.3.1.4.3,

$$F_L = n * \ Tense\ viento - hielo$$

Tabla 7. Apoyos de líneas situadas en zonas B y C (I)

TIPO DE APOYO	TIPO DE ESFUERZO	1.ª HIPÓTESIS (Viento)	2.ª HIPÓTESIS (Hielo)	2.ª HIPÓTESIS (Hielo+Viento)	3.ª HIPÓTESIS (Desequilibrio de tracciones)	4.ª HIPÓTESIS (Rotura de conductores)
Suspensión de Alineación o Suspensión de Ángulo	V	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea.	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3).	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3) y a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2)	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3). Para las líneas de categoría especial, además de la sobrecarga de hielo, se considerarán los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2).	
	T	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea, sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo. SÓLO ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	ALINEACIÓN: No se aplica. ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.).	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) para una velocidad mínima de 60 km/h y sobrecarga de hielo (apdo. 3.1.3) sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo. SÓLO ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	ALINEACIÓN: No se aplica. ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	
	L	No aplica.			Desequilibrio de tracciones (apdo. 3.1.4.1)	Rotura de conductores y cables de tierra (apdo. 3.1.5.1.)
Amarre de Alineación o Amarre de Ángulo	V	Cargas permanentes (apdo 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea.	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3).	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3) y a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2)	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3). Para las líneas de categoría especial, además de la sobrecarga de hielo, se considerarán los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2).	
	T	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea, sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo. SÓLO ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	ALINEACIÓN: No se aplica. ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.).	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) para una velocidad mínima de 60 km/h y sobrecarga de hielo (apdo. 3.1.3) sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo. SÓLO ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	ALINEACIÓN: No se aplica. ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	
	L	No aplica.			Desequilibrio de tracciones (apdo. 3.1.4.2)	Rotura de conductores y cables de tierra (apdo. 3.1.5.2.)

Para la determinación de las tensiones de los conductores y cables de tierra se considerará:
1.ª Hipótesis: Sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea y a la temperatura de –10 °C en zona B y –15 °C en zona C.
Resto hipótesis: Sometidos a una sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3) y a la temperatura de -15 °C en zona B y -20 °C en zona C. En las líneas de categoría especial, además de la sobrecarga de hielo, se considerarán los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2). La 2ª Hipótesis (Hielo+Viento) será de aplicación exclusiva para las líneas de categoría especial.

Tabla 8. Apoyos de líneas situadas en zonas B y C (II)

TIPO DE APOYO	TIPO DE ESFUERZO	1.ª HIPÓTESIS (Viento)	2.ª HIPÓTESIS (Hielo)	2.ª HIPÓTESIS (Hielo+Viento)	3.ª HIPÓTESIS (Desequilibrio de tracciones)	4.ª HIPÓTESIS (Rotura de conductores)
Anclaje de Alineación o Anclaje de Ángulo	V	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea.	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3).	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3) y a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2)	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3). Para las líneas de categoría especial, además de la sobrecarga de hielo, se considerarán los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2).	
	T	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea, sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo. SÓLO ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	ALINEACIÓN: No se aplica. ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.).	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) para una velocidad mínima de 60 km/h y sobrecarga de hielo (apdo. 3.1.3) sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo. SÓLO ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	ALINEACIÓN: No se aplica. ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	
	L	No aplica.			Desequilibrio de tracciones (apdo. 3.1.4.3)	Rotura de conductores y cables de tierra (apdo. 3.1.5.3.)
Fin de línea	V	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea.	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3).	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3) y a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2)	No aplica.	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3). Para las líneas de categoría especial, además de la sobrecarga de hielo, se considerarán los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2).
	T	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea, sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo.	No aplica.	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) para una velocidad mínima de 60 km/h y sobrecarga de hielo (apdo. 3.1.3) sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo.		No aplica.
	L	Desequilibrio de tracciones (apdo. 3.1.4.4).	Desequilibrio de tracciones (apdo. 3.1.4.4).			Rotura de conductores y cables de tierra (apdo. 3.1.5.4.)

Para la determinación de las tensiones de los conductores y cables de tierra se considerará:
1.ª Hipótesis: Sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea y a la temperatura de –10 °C en zona B y –15 °C en zona C.
Resto hipótesis: Sometidos a una sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3) y a la temperatura de -15 °C en zona B y -20 °C en zona C. En las líneas de categoría especial, además de la sobrecarga de hielo, se considerarán los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2). La 2ª Hipótesis (Hielo+Viento) será de aplicación exclusiva para las líneas de categoría especial.

V = Esfuerzo vertical L = Esfuerzo longitudinal T = Esfuerzo transversal

A continuación, se presentan las 5 tablas obtenidas de las solicitaciones para cada una de las 5 hipótesis aplicadas sobre los apoyos en la determinación de las cargas.

Nº cantón	APOYO Nº	TIPO APOYO	ALTURA APOYO (m)	DESNIVEL (m)	Long. Vano anterior (m)	Long. Vano posterior (m)	EOLOVANO (m)	Tense viento vano regulación (daN). fase	Tense viento vano regulación (daN). Guarda
1	1	Fin línea	27	0	0	428,44	214,22	2671,77	2095,46
	2	Suspensión	24	22,73	428,44	337,78	383,11	2671,77	2095,46
	3	Suspensión	13	41,01	337,78	374,06	355,92	2671,77	2095,46
	4	Anclaje en alineación	15	24,67	374,06	158,18	266,12	2671,77	2095,46
2	5	Anclaje en alineación	13	1,79	158,18	324,48	241,33	2624,39	2164,62
3	6	Suspensión	20	17,86	324,48	295,44	309,96	2662,06	2111,85
	7	Suspensión	20	3,67	295,44	355,54	325,49	2662,06	2111,85
	8	Suspensión	20	14,61	355,54	237,54	296,54	2662,06	2111,85
	9	Amarre en alineación	36	16,36	237,54	319,78	278,66	2662,06	2111,85
4	10	Anclaje en ángulo	36	9,42	319,78	469,46	394,62	2663,13	2110,10
5	11	Suspensión	32	2,30	469,46	533,46	501,46	2677,27	2085,70
	12	Suspensión	29	47,29	533,46	478,92	506,19	2677,27	2085,70
	13	Suspensión	18	6,32	478,92	209,54	344,23	2677,27	2085,70
	14	Anclaje en alineación	18	4,84	209,54	257,42	233,48	2677,27	2085,70
6	15	Amarre en alineación	24	15,95	257,42	434,02	345,72	2652,41	2126,99
7	16	Suspensión	27	4,46	434,02	296,34	365,18	2670,90	2096,99
	17	Amarre en alineación	20	41,34	296,34	236,58	266,46	2670,90	2096,99
8	18	Anclaje en ángulo	20	42,35	236,58	252,82	244,7	2647,80	2133,83
9	19	Suspensión	21	14,97	252,82	160,64	206,73	2651,44	2128,45
	20	Suspensión	18	27,17	160,64	332,92	246,78	2651,44	2128,45
	21	Anclaje en ángulo	27	5,46	332,92	308,58	320,75	2651,44	2128,45
10	22	Amarre en ángulo	33	5,66	308,58	129,08	218,83	2661,49	2112,77
11	23	Fin línea	29	8,44	129,08	0	64,54	2613,18	2177,22

α (rad)	Resultante ángulo	GRAVIVANO FASE (m). Viento	GRAVIVANO GUARDA (m). Viento	Esfuerzos verticales: Peso Conduct. Fase (daN) y herrajes	Esfuerzos verticales: Peso Cable guarda (daN)	Esfuerzos verticales: Peso Cadena de aisladores (daN)	Esfuerzos verticales: Esfuerzo vertical, Fv (daN). Para las 3 fases	Esfuerzos horizontales o transversales: Peso Conductor fase (daN)	Esfuerzos horizontales o transversales: Peso Cable guarda (daN)	Esfuerzos horizontales o transversales: Esfuerzo transversal, Ft (daN). Para las 3	Esfuerzos longitudinales: Conductor fase (daN)	Esfuerzos longitudinales: Cable guarda (daN)	Esfuerzo longitudinal, Fl (daN). Para las 3 fases
		294,48	423,98	1696,23	233,19	183,46	2112,87	1907,41488	199,65304	2107,07	16030,63	2095,46	18126,10
		279,71	228,21	1611,16	125,52	183,46	1920,13	3411,21	357,06	3768,27	-	-	
		439,80	472,27	2533,25	259,75	183,46	2976,45	3169,11	331,72	3500,83	-	-	
		348,78	317,86	2008,96	174,82	183,46	2550,70	2369,53	248,02	2617,56	-	-	
		176,35	195,51	1015,78	107,53	183,46	1490,22	2148,80	224,92	2373,72	-	-	
		374,23	407,50	2155,57	224,13	183,46	2563,15	2759,88	288,88	3048,77	-	-	
		282,25	270,00	1625,74	148,50	183,46	1957,70	2898,16	303,36	3201,52	-	-	
		298,70	270,57	1720,54	148,81	183,46	2052,81	2640,39	276,38	2916,77	-	-	
		338,07	376,08	1947,30	206,84	183,46	2337,60	2481,19	259,71	2740,90			
2,95	2650,91524	431,65	479,89	2486,33	263,94	183,46	3117,18	16241,58	2686,09	18927,67	-	-	
		374,50	356,17	2157,10	195,90	183,46	2536,45	4465,00	467,36	4932,36	-	-	
		620,57	637,86	3574,51	350,82	183,46	4108,79	4507,12	471,77	4978,88	-	-	
		329,22	253,41	1896,30	138,82	183,46	2218,58	3065,02	320,82	3385,85	-	-	
		174,56	170,61	1005,49	93,83	183,46	1282,78	2078,91	217,60	2296,51	-	-	
		423,35	491,38	2438,48	270,26	183,46	2892,19	3078,29	322,21	3400,50	-	-	
		169,74	80,54	977,70	44,30	183,46	1205,45	3251,56	340,35	3591,91	-	-	
		206,71	154,09	1190,65	84,75	183,46	1458,85	2372,56	248,34	2620,90	-	-	
2,29	2411,374121	424,31	484,80	2444,05	266,64	183,46	3077,60	15368,19	2505,57	17873,77	-	-	
		41,69	-32,35	240,15	-17,79	183,46	405,81	1840,72	192,67	2033,40	-	-	
		476,09	590,02	2742,30	324,51	183,46	3250,27	2197,33	230,00	2427,33	-	-	
2,30	2422,301007	317,83	310,85	1830,73	170,97	183,46	2368,61	15695,21	2543,87	18239,08	-	-	
2,30	2430,400491	147,93	82,18	852,09	45,20	183,46	1080,74	15376,546	2513,525	17890,07	-	-	
		161,29	163,72	929,04	90,05	183,46	1202,55	574,664	60,151	634,82	15679,07	2177,22	17856,29

Tabla 10. Solicitaciones para los apoyos de la línea para la hipótesis primera de viento

Nº cantón	APOYO Nº	TIPO APOYO	ALTURA APOYO (m)	DESNIVEL (m)	Long. Vano anterior (m)	Long. Vano posterior (m)	EOLOVANO (m)	Tense hielo vano regulación (daN). fase	Tense hielo vano regulación (daN). Guarda
1	1	Fin línea	27	0	0	428,44	214,22	2748,31	2316,89
	2	Suspensión	24	22,73	428,44	337,78	383,11	2748,31	2316,89
	3	Suspensión	13	41,005	337,78	374,06	355,92	2748,31	2316,89
	4	Anclaje en alineación	15	24,67	374,06	158,18	266,12	2748,31	2316,89
2	5	Anclaje en alineación	13	1,79	158,18	324,48	241,33	2760,70	2326,70
3	6	Suspensión	20	17,86	324,48	295,44	309,96	2750,87	2319,28
	7	Suspensión	20	3,665	295,44	355,54	325,49	2750,87	2319,28
	8	Suspensión	20	14,61	355,54	237,54	296,54	2750,87	2319,28
	9	Amarre en alineación	36	16,36	237,54	319,78	278,66	2750,87	2319,28
4	10	Anclaje en ángulo	36	9,42	319,78	469,46	394,62	2750,59	2319,03
5	11	Suspensión	32	2,3	469,46	533,46	501,46	2746,87	2315,44
	12	Suspensión	29	47,29	533,46	478,92	506,19	2746,87	2315,44
	13	Suspensión	18	6,32	478,92	209,54	344,23	2746,87	2315,44
	14	Anclaje en alineación	18	4,84	209,54	257,42	233,48	2746,87	2315,44
6	15	Amarre en alineación	24	15,95	257,42	434,02	345,72	2753,41	2321,44
7	16	Suspensión	27	4,46	434,02	296,34	365,18	2748,54	2317,12
	17	Amarre en alineación	20	41,34	296,34	236,58	266,46	2748,54	2317,12
8	18	Anclaje en ángulo	20	42,35	236,58	252,82	244,7	2754,62	2322,41
9	19	Suspensión	21	14,97	252,82	160,64	206,73	2753,66	2321,65
	20	Suspensión	18	27,17	160,64	332,92	246,78	2753,66	2321,65
	21	Anclaje en ángulo	27	5,46	332,92	308,58	320,75	2753,66	2321,65
10	22	Amarre en ángulo	33	5,66	308,58	129,08	218,83	2751,02	2319,41
11	23	Fin línea	29	8,44	129,08	0	64,54	2763,55	2328,44

α (rad)	Resultante ángulo	GRAVIVANO FASE (m). Hielo	GRAVIVANO GUARDA (m). Hielo	Esfuerzos verticales: Peso Conduct. Fase (daN) y herrajes	Esfuerzos verticales: Cable guarda (daN)	Esfuerzos verticales: Cadena de aisladores (daN)	Esfuerzos verticales: Esfuerzo vertical, Fv (daN).Para las 3 fases	Esfuerzos horizontales o transversales: Conductor fase (daN)	Esfuerzos horizontales o transversales: Cable guarda (daN)	Esfuerzos horizontales o transversales: . Para las 3 fasesEsfuerzo	Esfuerzos longitudinales: Conductor fase (daN)	Esfuerzos longitudinales: Cable guarda (daN)	Esfuerzo longitudinal, Fl (daN). Para las 3 fases
0,00	0	295,31	422,25	1701,01	232,24	183,46	2116,70	-	-		16489,86	2316,89	18806,75
0,00	0	278,65	230,44	1605,00	126,74	183,46	1915,20	-	-		-	-	
0,00	0	440,67	470,46	2538,25	258,75	183,46	2980,45	-	-		-	-	
0,00	0	349,63	316,08	2013,88	173,84	183,46	2554,64	-	-		-	-	
0,00	0	174,19	199,38	1003,35	109,66	183,46	1479,92	-	-		-	-	
0,00	0	375,19	383,89	2161,11	211,14	183,46	2555,70	-	-		-	-	
0,00	0	281,60	285,89	1622,01	157,24	183,46	1962,71	-	-		-	-	
0,00	0	254,04	214,14	1463,26	117,78	183,46	1764,49	-	-		-	-	
0,00	0	338,96	374,27	1952,43	205,85	183,46	2525,19	-	-		-	-	
2,95	2650,91524	432,19	487,50	2489,41	268,12	183,46	3124,45	16095,73	2676,05	18771,78	-	-	
0,00	0	373,51	358,25	2151,44	197,04	183,46	2531,94	-	-		-	-	
0,00	0	621,46	635,99	3579,61	349,79	183,46	4112,86	-	-		-	-	
0,00	0	329,10	258,06	1895,63	141,93	183,46	2221,02	-	-		-	-	
0,00	0	174,11	171,57	1002,86	94,36	183,46	1464,14	-	-		-	-	
0,00	0	424,87	488,38	2447,24	268,61	183,46	3082,77	-	-		-	-	
0,00	0	167,64	84,92	965,59	46,71	183,46	1195,75	-	-		-	-	
0,00	0	206,07	176,36	1186,94	97,00	183,46	1650,85	-	-		-	-	
2,29	2411,374121	428,23	519,69	2466,63	285,83	183,46	3119,87	14977,65	2478,69	17456,34	-	-	
0,00	0	38,38	-25,84	221,07	-14,21	183,46	390,31	-	-		-	-	
0,00	0	480,70	580,98	2768,81	319,54	183,46	3271,81	-	-				
2,30	2422,301007	317,78	310,28	1830,39	170,65	183,46	2367,95	15191,21	2509,17	17700,38	-	-	
2,30	2430,400491	146,85	84,37	845,86	46,40	183,46	1259,18	15031,92	2489,80	17521,72			
		165,04	157,27	950,62	86,50	183,46	1220,58	-	-		16581,31	2328,44	18909,75

Tabla 11. Solicitaciones para los apoyos de la línea para la hipótesis segunda de hielo

Nº cantón	APOYO Nº	TIPO APOYO	ALTURA APOYO (m)	DESNIVEL (m)	Long. Vano anterior (m)	Long. Vano posterior (m)	EOLOVANO (m)	Tense hielo-viento vano regulación (daN). Fase	Tense hielo-viento vano regulación (daN). Guarda	α (rad)
1	1	Fin línea	27	0	0	428,44	214,22	2773,07	2333,33	0,00
	2	Suspensión	24	22,73	428,44	337,78	383,11	2773,07	2333,33	0,00
	3	Suspensión	13	41,005	337,78	374,06	355,92	2773,07	2333,33	0,00
	4	Anclaje en alineación	15	24,67	374,06	158,18	266,12	2773,07	2333,33	0,00
2	5	Anclaje en alineación	13	1,79	158,18	324,48	241,33	2773,07	2333,33	0,00
3	6	Suspensión	20	17,86	324,48	295,44	309,96	2773,07	2333,33	0,00
	7	Suspensión	20	3,665	295,44	355,54	325,49	2773,07	2333,33	0,00
	8	Suspensión	20	14,61	355,54	237,54	296,54	2773,07	2333,33	0,00
	9	Amarre en alineación	36	16,36	237,54	319,78	278,66	2773,07	2333,33	0,00
4	10	Anclaje en ángulo	36	9,42	319,78	469,46	394,62	2773,07	2333,33	2,95
5	11	Suspensión	32	2,3	469,46	533,46	501,46	2773,07	2333,33	0,00
	12	Suspensión	29	47,29	533,46	478,92	506,19	2773,07	2333,33	0,00
	13	Suspensión	18	6,32	478,92	209,54	344,23	2773,07	2333,33	0,00
	14	Anclaje en alineación	18	4,84	209,54	257,42	233,48	2773,07	2333,33	0,00
6	15	Amarre en alineación	24	15,95	257,42	434,02	345,72	2773,07	2333,33	0,00
7	16	Suspensión	27	4,46	434,02	296,34	365,18	2773,07	2333,33	0,00
	17	Amarre en alineación	20	41,34	296,34	236,58	266,46	2773,07	2333,33	0,00
8	18	Anclaje en ángulo	20	42,35	236,58	252,82	244,7	2773,07	2333,33	2,29
9	19	Suspensión	21	14,97	252,82	160,64	206,73	2773,07	2333,33	0,00
	20	Suspensión	18	27,17	160,64	332,92	246,78	2773,07	2333,33	0,00
	21	Anclaje en ángulo	27	5,46	332,92	308,58	320,75	2773,07	2333,33	2,30
10	22	Amarre en ángulo	33	5,66	308,58	129,08	218,83	2773,07	2333,33	2,30
11	23	Fin línea	29	8,44	129,08	0	64,54	2773,07	2333,33	0,00

2º Hipótesis (hielo + viento)

Resultante ángulo	GRAVIVANO FASE (m). Hielo+Viento	GRAVIVANO GUARDA (m).	Esfuerzos verticales: Peso Conduct. Fase (daN) y herrajes	Esfuerzos verticales: Cable guarda (daN)	Esfuerzos verticales: Cadena de aisladores (daN)	Esfuerzos verticales: Esfuerzo vertical, Fv (daN).Para las 3 fases	Esfuerzos horizontales o transversales: Conductor fase (daN)	Esfuerzos horizontales o transversales: Cable guarda (daN)	Esfuerzos horizontales o transversales: Esfuerzo transversal, Ft	Esfuerzos longitudinales: Conductor fase (daN)	Esfuerzos longitudinales: Cable guarda (daN)	Esfuerzos longitudinales: Esfuerzo longitudinal, Fl (daN). Para las 3 fases
0,00	295,14	421,97	1700,03	232,08	183,46	2115,57	350,89	36,63	387,52	16638,44	2333,33	18971,77
0,00	278,86	230,80	1606,26	126,94	183,46	1916,65	627,53	393,07	1020,61	-	-	
0,00	440,49	470,17	2537,23	258,59	183,46	2979,27	583,00	365,17	948,17	-	-	
0,00	349,46	315,80	2012,88	173,69	183,46	2553,48	485,90	273,04	708,94	-	-	
0,00	174,63	199,96	1005,89	109,98	183,46	1482,78	395,30	41,27	436,57	-	-	
0,00	375,00	383,58	2159,97	210,97	183,46	2554,40	507,71	318,02	825,73	-	-	
0,00	281,73	286,09	1622,78	157,35	183,46	1963,59	533,15	333,95	867,11	-	-	
0,00	254,17	214,34	1463,99	117,89	183,46	1765,34	485,73	304,25	789,98	-	-	
0,00	338,78	373,99	1951,38	205,69	183,46	2523,99	456,45	47,65	504,10	-	-	
2,95	432,08	478,63	2488,78	263,25	183,46	3118,94	15967,32	2657,37	18624,69	-	-	
0,00	373,71	358,59	2152,60	197,22	183,46	2533,28	507,71	514,50	1022,21	-	-	
0,00	621,28	635,69	3578,57	349,63	183,46	4111,65	533,15	519,35	1052,50	-	-	
0,00	329,13	258,10	1895,77	141,96	183,46	2221,18	485,73	353,18	838,91	-	-	
0,00	174,20	171,73	1003,40	94,45	183,46	1464,76	382,44	39,93	422,37	-	-	
0,00	424,56	487,92	2445,45	268,35	183,46	3080,72	566,29	59,12	625,41	-	-	
0,00	168,07	85,62	968,06	47,09	183,46	1198,61	821,39	374,67	1196,07	-	-	
0,00	206,20	176,57	1187,70	97,12	183,46	1651,73	436,46	45,56	482,03	-	-	
2411,37	427,43	476,02	2462,01	261,81	183,46	3090,73	14633,80	2428,66	17062,46	-	-	
0,00	39,06	-24,84	224,98	-13,66	183,46	394,77	382,44	212,10	594,55	-	-	
0,00	479,75	579,59	2763,38	318,78	183,46	3265,62	566,29	253,20	819,49	-	-	
2422,30	317,79	310,98	1830,46	171,04	183,46	2368,41	14747,46	2444,61	17192,07	-	-	
2430,40	147,07	84,71	847,14	46,59	183,46	1260,64	14728,50	2445,65	17174,15	-	-	
0,00	164,28	156,31	946,23	85,97	183,46	1215,65	105,72	11,04	116,75	16638,44	2333,33	18971,77

Tabla 12. Solicitaciones para los apoyos de la línea para la hipótesis de hielo y viento

Nº cantón	APOYO Nº	TIPO APOYO	ALTURA APOYO (m)	DESNIVEL (m)	Long. Vano anterior (m)	Long. Vano posterior (m)	EOLOVANO (m)	Tense hielo-viento vano regulación (daN). Fase	Tense viento vano regulación (daN). Guarda	α (rad)
1	1	Fin línea	27	0	0	428,44	214,22	2773,073333	2333,333333	0,00
	2	Suspensión	24	22,73	428,44	337,78	383,11	2773,073333	2333,333333	0,00
	3	Suspensión	13	41,005	337,78	374,06	355,92	2773,073333	2333,333333	0,00
	4	Anclaje en alineación	15	24,67	374,06	158,18	266,12	2773,073333	2333,333333	0,00
2	5	Anclaje en alineación	13	1,79	158,18	324,48	241,33	2773,073333	2333,333333	0,00
3	6	Suspensión	20	17,86	324,48	295,44	309,96	2773,073333	2333,333333	0,00
	7	Suspensión	20	3,665	295,44	355,54	325,49	2773,073333	2333,333333	0,00
	8	Suspensión	20	14,61	355,54	237,54	296,54	2773,073333	2333,333333	0,00
	9	Amarre en alineación	36	16,36	237,54	319,78	278,66	2773,073333	2333,333333	0,00
4	10	Anclaje en ángulo	36	9,42	319,78	469,46	394,62	2773,073333	2333,333333	2,95
5	11	Suspensión	32	2,3	469,46	533,46	501,46	2773,073333	2333,333333	0,00
	12	Suspensión	29	47,29	533,46	478,92	506,19	2773,073333	2333,333333	0,00
	13	Suspensión	18	6,32	478,92	209,54	344,23	2773,073333	2333,333333	0,00
	14	Anclaje en alineación	18	4,84	209,54	257,42	233,48	2773,073333	2333,333333	0,00
6	15	Amarre en alineación	24	15,95	257,42	434,02	345,72	2773,073333	2333,333333	0,00
7	16	Suspensión	27	4,46	434,02	296,34	365,18	2773,073333	2333,333333	0,00
	17	Amarre en alineación	20	41,34	296,34	236,58	266,46	2773,073333	2333,333333	0,00
8	18	Anclaje en ángulo	20	42,35	236,58	252,82	244,7	2773,073333	2333,333333	2,29
9	19	Suspensión	21	14,97	252,82	160,64	206,73	2773,073333	2333,333333	0,00
	20	Suspensión	18	27,17	160,64	332,92	246,78	2773,073333	2333,333333	0,00
	21	Anclaje en ángulo	27	5,46	332,92	308,58	320,75	2773,073333	2333,333333	2,30
10	22	Amarre en ángulo	33	5,66	308,58	129,08	218,83	2773,073333	2333,333333	2,30
11	23	Fin línea	29	8,44	129,08	0	64,54	2773,073333	2333,333333	0,00

3º Hipótesis (Desequilibrio de tracciones)

Resultante ángulo	GRAVIVANO FASE (m). Hielo+Viento	GRAVIVANO GUARDA (m).	Esfuerzos verticales: Peso Conduct. Fase (daN) y herrajes	Esfuerzos verticales: Cable guarda (daN)	Esfuerzos verticales: Cadena de aisladores (daN)	Esfuerzos verticales: Esfuerzo vertical, Fv (daN).Para las 3 fases	Esfuerzos horizontales o transversales: Conductor fase (daN)	Esfuerzos horizontales o transversales: Cable guarda (daN)	Esfuerzos horizontales o transversales: Esfuerzo transversal, Ft	Esfuerzos longitudinales: Conductor fase (daN)	Esfuerzos longitudinales: Cable guarda (daN)	Esfuerzos longitudinales: Esfuerzo longitudinal, Fl (daN). Para las 3 fases
0,00			-	-	-		-	-		-	-	
0,00	277,70	229,52	1599,58	126,24	183,46	1909,27	-	-		2495,77	350,00	2845,77
0,00	441,43	471,20	2542,64	259,16	183,46	2985,26	-	-		2495,77	350,00	2845,77
0,00	349,46	315,80	2012,88	173,69	183,46	2553,48	-	-		4159,61	583,33	4742,94
0,00	174,63	199,96	1005,89	109,98	183,46	1482,78	-	-		4159,61	583,33	4742,94
0,00	375,72	384,38	2164,14	211,41	183,46	2559,01	-	-		2495,77	350,00	2845,77
0,00	281,25	285,56	1619,97	157,06	183,46	1960,49	-	-		2495,77	350,00	2845,77
0,00	253,69	213,82	1461,28	117,60	183,46	1762,34	-	-		2495,77	350,00	2845,77
0,00	338,78	373,99	1951,38	205,69	183,46	2523,99	-	-		4159,61	583,33	4742,94
2,95	432,08	478,63	2488,78	263,25	183,46	3118,94	28983,77	4064,61	33048,38	397,87	55,80	453,66
0,00	372,29	357,02	2144,41	196,36	183,46	2524,23	-	-		2495,77	350,00	2845,77
0,00	622,56	637,10	3585,94	350,40	183,46	4119,80	-	-		2495,77	350,00	2845,77
0,00	328,96	257,92	1894,80	141,85	183,46	2220,11	-	-		2495,77	350,00	2845,77
0,00	174,20	171,73	1003,40	94,45	183,46	1464,76	-	-		4159,61	583,33	4742,94
0,00	424,56	487,92	2445,45	268,35	183,46	3080,72	-	-		4159,61	583,33	4742,94
0,00	165,87	83,20	955,43	45,76	183,46	1184,65	-	-		2495,77	350,00	2845,77
0,00	206,20	176,57	1187,70	97,12	183,46	1468,27	-	-		4159,61	583,33	4742,94
2411,37	427,43	476,02	2462,01	261,81	183,46	3090,73	26517,39	3718,73	30236,12	1718,11	240,94	1959,05
0,00	39,06	-24,84	224,98	-13,66	183,46	394,77	-	-		2495,77	350,00	2845,77
0,00	479,75	579,59	2763,38	318,78	183,46	3265,62	-	-		2495,77	350,00	2845,77
2422,30	317,79	310,98	1830,46	171,04	183,46	2368,41	26900,93	3730,45	30631,38	1691,55	237,22	1928,77
2430,40	147,07	84,71	847,14	46,59	183,46	1260,64	26589,07	3728,79	30317,86	1695,35	237,75	1933,10
0,00			-	-	-		-	-		-	-	

Tabla 13. Solicitaciones para los apoyos de la línea para la hipótesis tercera de desequilibrio de tracciones

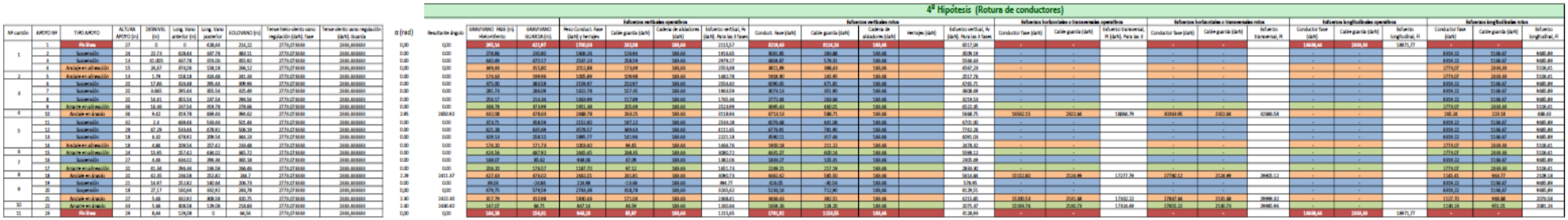
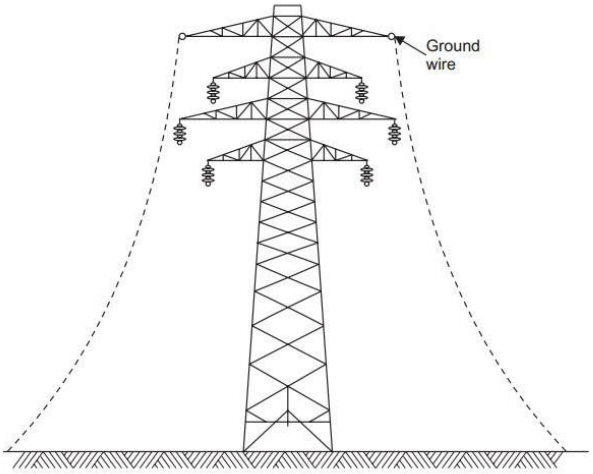


Tabla 14. Solicitaciones para los apoyos de la línea para la hipótesis cuarta de rotura de conductores

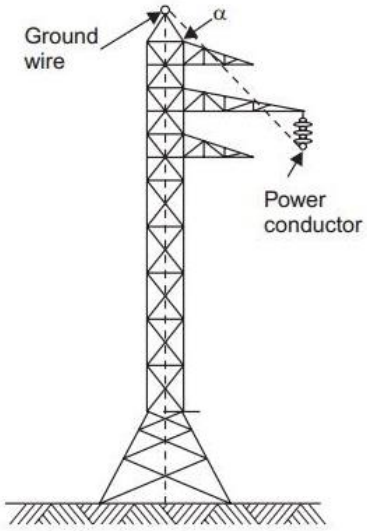
DISPOSICIÓN DEL CABLE DE GUARDA SOBRE LAS TORRES

"El ángulo de protección del cable de guarda formará un ángulo de casi 30º sobre la línea vertical que pasa por el cable de guarda y la línea que une el cable de guarda y el conductor de fase más alejado de la estructura". Esto hace referencia al apantallamiento de las líneas de transmisión con cable de guarda como se indica en la referencia de (SectorElectricidad, 2015). [2]



Cómo se indica en el artículo de referencia, las funciones del cable de tierra o guarda son:

- Proteger los conductores de fase de las descargar eléctricas directas.
- Proporcionar caminos paralelos de descarga de las sobretensiones producidas por rayos.
- Ayuda a reducir las fallas de aislamiento debidas a la existencia del acoplamiento eléctrico y magnético entre el cable de guarda y los conductores de fase.



TABLAS DE TENDIDO

El programa de cálculo facilitado por la empresa Imedexsa proporciona de una manera sencilla directamente las tablas de tendido tanto del conductor de fase, en este caso el LA-280 Hawk, como del cable de guarda, OPGW 24.

TABLA DE TENDIDO

CONDUCTOR DE FASE: LA-280

Diámetro (mm): 21,8 — Coef. Dilatación (ºC): 1,89E-5
Peso (Kg/m): 0,977 — Mod. Elasticidad (Kg/mm2): 7700
Sección (mm2): 281,1 — Carga Rotura (Kg): 8620

					-5ºC		0ºC		5ºC		10ºC		15ºC		20ºC		25ºC		30ºC		35ºC		40ºC		45ºC		85ºC	
Vano	Zona	Long. Vano (m)	Desnivel de conductores (m)	Vano Reg. (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)
1-2	B	428	24,35	389	1515	14,78	1492	15,02	1469	15,25	1447	15,48	1427	15,7	1407	15,93	1387	16,15	1369	16,37	1351	16,59	1333	16,81	1317	17,02	1201	18,67
2-3	B	334	-41,39	389	1515	9,07	1492	9,22	1469	9,36	1447	9,5	1427	9,64	1407	9,78	1387	9,91	1369	10,05	1351	10,18	1333	10,32	1317	10,45	1201	11,46
3-4	B	376	25,37	376	1522	11,39	1497	11,59	1473	11,78	1450	11,97	1427	12,15	1406	12,34	1386	12,52	1366	12,7	1347	12,88	1329	13,06	1311	13,24	1190	14,59
4-5	B	154	0,95	154	1906	1,51	1782	1,62	1668	1,73	1564	1,85	1470	1,96	1384	2,09	1308	2,21	1239	2,33	1177	2,45	1122	2,57	1072	2,69	805	3,59
5-6	B	327	-21,66	313	1569	8,36	1532	8,56	1497	8,76	1464	8,96	1433	9,15	1403	9,35	1375	9,54	1349	9,72	1323	9,91	1299	10,09	1276	10,28	1126	11,66
6-7	B	296	5,64	313	1569	6,82	1532	6,98	1497	7,15	1464	7,31	1433	7,47	1403	7,62	1375	7,78	1349	7,93	1323	8,09	1299	8,24	1276	8,38	1126	9,51
7-8	B	356	-20,38	313	1569	9,9	1532	10,14	1497	10,38	1464	10,61	1433	10,84	1403	11,07	1375	11,3	1349	11,52	1323	11,74	1299	11,96	1276	12,18	1126	13,81
8-9	B	238	0,69	313	1569	4,42	1532	4,53	1497	4,64	1464	4,74	1433	4,84	1403	4,95	1375	5,05	1349	5,15	1323	5,24	1299	5,34	1276	5,44	1126	6,17
9-10	B	317	29,85	317	1565	7,89	1529	8,08	1495	8,26	1463	8,45	1432	8,63	1403	8,81	1376	8,98	1350	9,15	1325	9,33	1302	9,5	1279	9,66	1130	10,94
10-11	B	469	-1,31	470	1484	18,14	1468	18,34	1452	18,53	1437	18,73	1423	18,92	1409	19,11	1395	19,3	1381	19,49	1368	19,68	1356	19,86	1343	20,05	1254	21,47
11-12	B	534	40,73	470	1484	23,63	1468	23,89	1452	24,14	1437	24,4	1423	24,65	1409	24,9	1395	25,15	1381	25,39	1368	25,64	1356	25,88	1343	26,12	1254	27,98
12-13	B	477	-7,3	470	1484	18,73	1468	18,94	1452	19,14	1437	19,34	1423	19,54	1409	19,74	1395	19,93	1381	20,13	1368	20,32	1356	20,51	1343	20,7	1254	22,18
13-14	B	208	-0,67	470	1484	3,56	1468	3,59	1452	3,63	1437	3,67	1423	3,71	1409	3,75	1395	3,78	1381	3,82	1368	3,86	1356	3,89	1343	3,93	1254	4,21

TABLA DE TENDIDO

CONDUCTOR DE FASE: LA-280

Diámetro (mm): 21,8 — Coef. Dilatación (ºC): 1,89E-5
Peso (Kg/m): 0,977 — Mod. Elasticidad (Kg/mm2): 7700
Sección (mm2): 281,1 — Carga Rotura (Kg): 8620

					-5ºC		0ºC		5ºC		10ºC		15ºC		20ºC		25ºC		30ºC		35ºC		40ºC		45ºC		85ºC	
Vano	Zona	Long. Vano (m)	Desnivel de conductores (m)	Vano Reg. (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)
14-15	B	256	-13,83	256	1639	4,9	1584	5,07	1533	5,24	1485	5,41	1441	5,58	1399	5,74	1361	5,91	1325	6,07	1291	6,23	1259	6,38	1229	6,54	1044	7,7
15-16	B	435	3,69	385	1518	15,25	1494	15,49	1471	15,74	1448	15,98	1427	16,22	1406	16,46	1387	16,7	1368	16,93	1349	17,16	1332	17,39	1315	17,62	1197	19,35
16-17	B	295	34,35	385	1518	7,04	1494	7,16	1471	7,27	1448	7,38	1427	7,49	1406	7,6	1387	7,71	1368	7,82	1349	7,92	1332	8,03	1315	8,13	1197	8,93
17-18	B	236	-30,84	236	1675	4,1	1610	4,26	1550	4,42	1495	4,59	1444	4,75	1397	4,91	1354	5,07	1313	5,22	1275	5,38	1240	5,53	1207	5,68	1007	6,81
18-19	B	253	-24,5	222	1704	4,61	1631	4,81	1565	5,02	1504	5,22	1447	5,43	1396	5,63	1348	5,83	1304	6,02	1263	6,22	1225	6,41	1190	6,6	979	8,03
19-20	B	161	-27,16	222	1704	1,88	1631	1,97	1565	2,05	1504	2,13	1447	2,22	1396	2,3	1348	2,38	1304	2,46	1263	2,54	1225	2,62	1190	2,7	979	3,28
20-21	B	333	11,96	333	1552	8,73	1519	8,92	1488	9,1	1459	9,29	1431	9,47	1404	9,65	1379	9,83	1355	10	1332	10,18	1310	10,35	1289	10,52	1148	11,81
21-22	B	309	5,22	309	1572	7,44	1535	7,62	1499	7,81	1465	7,99	1433	8,16	1403	8,34	1374	8,51	1347	8,69	1322	8,86	1297	9,02	1274	9,19	1121	10,45
22-23	B	139	-22,36	139	1963	1,22	1826	1,31	1699	1,41	1582	1,51	1476	1,62	1381	1,73	1295	1,85	1219	1,96	1151	2,08	1090	2,19	1036	2,31	757	3,16

TABLA DE TENDIDO

CONDUCTOR DE PROTECCIÓN: OPG

Diámetro (mm): 16 — Coef. Dilatación (ºC): 1,5E-5

Peso (Kg/m): 0,624 — Mod. Elasticidad (Kg/mm2): 12000

Sección (mm2): 180 — Carga Rotura (Kg): 8000

					-5ºC		0ºC		5ºC		10ºC		15ºC		20ºC		25ºC		30ºC		35ºC		40ºC		45ºC		50ºC	
Vano	Zona	Long. Vano (m)	Desnivel de conductores (m)	Vano Reg. (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)
1-2	B	428	24,35	389	1713	8,33	1663	8,58	1615	8,83	1571	9,08	1529	9,33	1489	9,58	1452	9,83	1417	10,07	1383	10,32	1352	10,56	1322	10,79	1294	11,03
2-3	B	334	-41,39	389	1713	5,09	1663	5,24	1615	5,4	1571	5,55	1529	5,7	1489	5,85	1452	6	1417	6,15	1383	6,3	1352	6,45	1322	6,59	1294	6,74
3-4	B	376	25,37	376	1761	6,27	1706	6,48	1653	6,68	1604	6,89	1558	7,09	1515	7,29	1474	7,5	1435	7,7	1399	7,89	1365	8,09	1333	8,29	1303	8,48
4-5	B	154	0,95	154	2205	0,84	2067	0,89	1933	0,95	1803	1,02	1680	1,1	1564	1,18	1454	1,27	1353	1,36	1260	1,46	1176	1,57	1100	1,68	1031	1,79
5-6	B	327	-21,66	313	1779	4,7	1708	4,89	1643	5,08	1581	5,28	1524	5,48	1471	5,68	1422	5,87	1376	6,07	1333	6,27	1293	6,46	1255	6,65	1220	6,85
6-7	B	296	5,64	313	1779	3,84	1708	4	1643	4,16	1581	4,32	1524	4,48	1471	4,64	1422	4,8	1376	4,96	1333	5,12	1293	5,28	1255	5,44	1220	5,6
7-8	B	356	-20,38	313	1779	5,57	1708	5,8	1643	6,03	1581	6,26	1524	6,5	1471	6,73	1422	6,96	1376	7,2	1333	7,43	1293	7,66	1255	7,89	1220	8,12
8-9	B	238	0,69	313	1779	2,49	1708	2,59	1643	2,7	1581	2,8	1524	2,91	1471	3,01	1422	3,12	1376	3,22	1333	3,32	1293	3,43	1255	3,53	1220	3,63
9-10	B	317	29,85	317	1536	5,12	1483	5,31	1434	5,49	1388	5,67	1345	5,85	1305	6,03	1267	6,21	1232	6,39	1199	6,56	1168	6,74	1139	6,91	1112	7,08
10-11	B	469	-1,31	470	1585	10,83	1553	11,06	1522	11,28	1492	11,5	1464	11,72	1438	11,94	1412	12,16	1388	12,37	1365	12,58	1342	12,79	1321	13	1300	13,21
11-12	B	534	40,73	470	1585	14,07	1553	14,36	1522	14,65	1492	14,94	1464	15,22	1438	15,51	1412	15,79	1388	16,07	1365	16,34	1342	16,61	1321	16,89	1300	17,15
12-13	B	477	-7,3	470	1585	11,19	1553	11,42	1522	11,65	1492	11,88	1464	12,11	1438	12,34	1412	12,56	1388	12,78	1365	13	1342	13,22	1321	13,43	1300	13,64
13-14	B	208	-0,67	470	1585	2,13	1553	2,17	1522	2,21	1492	2,26	1464	2,3	1438	2,34	1412	2,39	1388	2,43	1365	2,47	1342	2,51	1321	2,55	1300	2,59

TABLA DE TENDIDO

CONDUCTOR DE PROTECCIÓN: OPG

Diámetro (mm): 16 — Coef. Dilatación (ºC): 1,5E-5

Peso (Kg/m): 0,624 — Mod. Elasticidad (Kg/mm2): 12000

Sección (mm2): 180 — Carga Rotura (Kg): 8000

					-5ºC		0ºC		5ºC		10ºC		15ºC		20ºC		25ºC		30ºC		35ºC		40ºC		45ºC		50ºC	
Vano	Zona	Long. Vano (m)	Desnivel de conductores (m)	Vano Reg. (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)	Tensión (Kg.)	Flecha (m)
14-15	B	256	-13,83	256	2086	2,46	1981	2,59	1883	2,72	1790	2,86	1703	3,01	1622	3,16	1547	3,31	1477	3,47	1413	3,63	1354	3,79	1300	3,94	1249	4,1
15-16	B	435	3,69	385	1716	8,6	1664	8,87	1616	9,14	1571	9,4	1528	9,66	1488	9,93	1450	10,19	1414	10,44	1380	10,7	1348	10,95	1318	11,2	1290	11,45
16-17	B	295	34,35	385	1716	3,95	1664	4,08	1616	4,2	1571	4,32	1528	4,44	1488	4,56	1450	4,68	1414	4,8	1380	4,92	1348	5,03	1318	5,15	1290	5,26
17-18	B	236	-30,84	236	2126	2,04	2014	2,16	1907	2,28	1806	2,41	1712	2,54	1624	2,68	1543	2,82	1467	2,96	1398	3,11	1334	3,26	1275	3,41	1221	3,56
18-19	B	253	-24,5	222	2154	2,32	2036	2,45	1924	2,59	1818	2,75	1718	2,91	1625	3,07	1538	3,25	1458	3,42	1385	3,61	1317	3,79	1255	3,98	1199	4,16
19-20	B	161	-27,16	222	2154	0,94	2036	0,99	1924	1,05	1818	1,11	1718	1,18	1625	1,24	1538	1,31	1458	1,39	1385	1,46	1317	1,53	1255	1,61	1199	1,69
20-21	B	333	11,96	333	1875	4,61	1803	4,8	1736	4,98	1673	5,17	1614	5,36	1559	5,55	1508	5,74	1460	5,93	1415	6,12	1373	6,3	1334	6,49	1297	6,67
21-22	B	309	5,22	309	1907	3,92	1827	4,09	1753	4,26	1683	4,44	1618	4,62	1558	4,8	1501	4,98	1449	5,16	1400	5,34	1355	5,51	1312	5,69	1273	5,87
22-23	B	139	-22,36	139	2166	0,7	2025	0,75	1887	0,81	1755	0,87	1629	0,93	1509	1,01	1397	1,09	1293	1,18	1198	1,27	1112	1,37	1034	1,47	966	1,58

CAPÍTULO 8 SELECCIÓN DE LOS APOYOS

Para la selección del tipo de apoyo más adecuado se toman de referencia los catálogos disponibles de la empresa Imedexsa además se realiza una simulación de la línea con su software de cálculo y con ello se comprobarán diferencias y se decidirá por el diseño óptimo.

Para cada una de las hipótesis de cada apoyo se realiza un árbol de esfuerzos de manera que se pueda mostrar, de manera visual, las direcciones y los valores de los esfuerzos determinados en el apartado de cálculo. Para no extender mucho esta memoria, este procedimiento se hará una única vez, para el primer apoyo considerado para la línea, pero se repetiría para los restantes 22 apoyos disponibles en este proyecto. Ese árbol de esfuerzos toma como valores de referencia los obtenidos en las tablas mostrada previamente para las 5 hipótesis contempladas.

Es importante destacar la aplicación del coeficiente de seguridad para los apoyos por parte directamente de los catálogos, siendo 1,5 para la primera y la segunda hipótesis y 1,2 para la tercera y cuarta hipótesis.

APOYO NÚMERO 1: apoyo de fin de línea. Inicialmente, se considera para este cálculo de tipo Cóndor. Las tablas que aparecen para cada una de las hipótesis hacen referencia a este tipo en particular.

Otros datos para este apoyo:

- Longitud de la semicruceta (c): 3,2 metros
- Longitud de la semicruceta (a): 3 metros
- Distancia vertical entre crucetas (b): 3,33 metros
- Altura de la cúpula (h): 4,3 metros
- Armado S/C

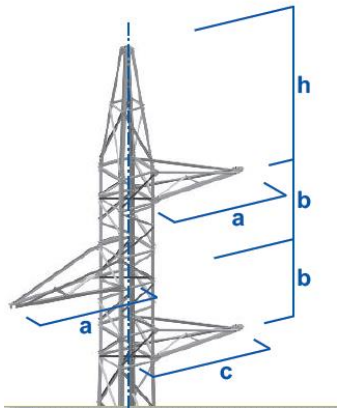
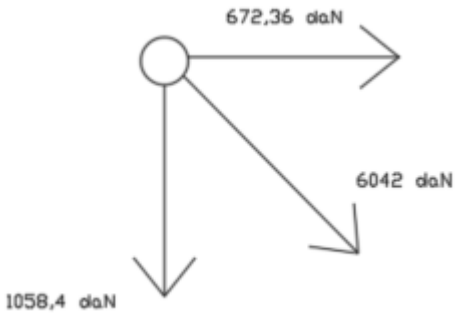


Ilustración 12. Modelo de apoyo y dimensiones presentado por Imedexsa

Los valores representados hacen referencia al total soportado por el apoyo de cada una de las tres fases, atendiendo a lo especificado por el fabricante Imedexsa quien proporciona las solicitaciones también por fase.

1ª HIPÓTESIS: viento



1ª Hipótesis

1ª HIPÓTESIS VIENTO C.S. = 1.5 V = 120 Km/h	Separación vertica entre crucetas			Carga Vertical por Fase
	3,3	4,4	5,5	
Cóndor 3.000	4.250	3.810	3.380	1.200
Cóndor 5.000	6.145	5.535	4.975	
Cóndor 7.000	8.770	8.305	7.700	
Cóndor 9.000	9.855	9.350	8.855	2.000
Cóndor 12.000	13.375	12.070	10.870	
Cóndor 15.000	16.540	15.220	13.945	
Cóndor 18.000	19.280	18.685	17.745	
Cóndor 27.000	28.470	27.115	24.645	
Cóndor 33.000	34.090	32.145	30.425	

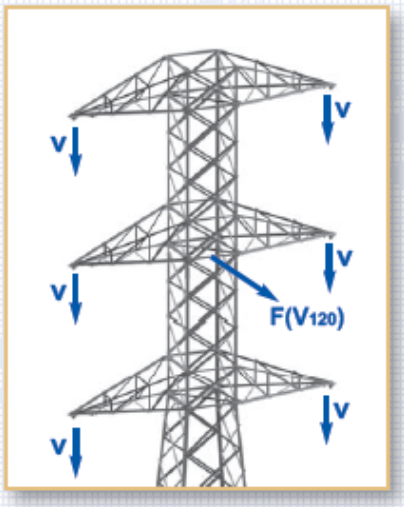
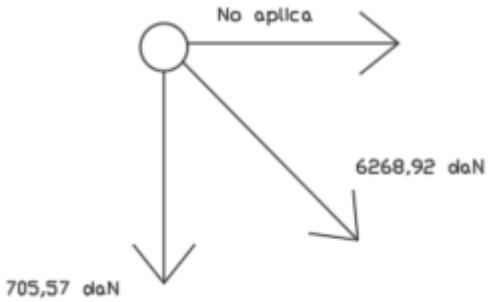


Tabla 15. Parámetros de 1ª hipótesis para apoyos Cóndor, Imedexsa

Atendiendo a lo especificado en su hipótesis correspondiente y computando el total de las solicitaciones sería suficiente con un apoyo Cóndor 7000.

2ª HIPÓTESIS: hielo



2ª Hipótesis

2ª HIPÓTESIS HIELO C.S. = 1.5 SIN VIENTO	Separación vertica entre crucetas			Carga Vertical por Fase
	3,3	4,4	5,5	
Cóndor 3.000	4.910	4.520	4.185	1.200
Cóndor 5.000	6.795	6.250	5.790	
Cóndor 7.000	9.500	9.235	8.405	
Cóndor 9.000	11.310	10.825	9.880	2.000
Cóndor 12.000	14.110	12.775	11.660	
Cóndor 15.000	17.475	16.235	14.930	
Cóndor 18.000	19.900	19.280	19.220	
Cóndor 27.000	29.885	28.655	25.620	
Cóndor 33.000	35.320	33.425	31.570	

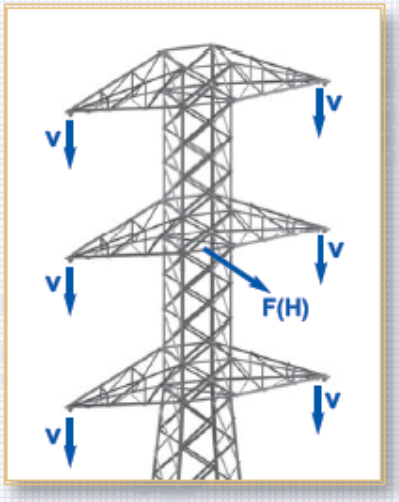
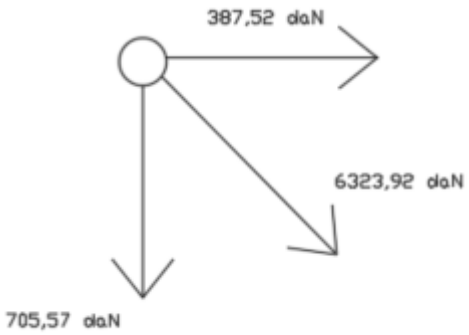


Tabla 16. Parámetros de 2ª hipótesis para apoyos Cóndor, Imedexsa

Atendiendo a lo especificado en su hipótesis correspondiente y computando el total de las solicitaciones sería suficiente con un apoyo Cóndor 7000.

2ª HIPÓTESIS: hielo y viento



2ª HIPÓTESIS HIELO+VIENTO C.S. = 1.5 V = 60 Km/h	Separación vertica entre crucetas			Carga Vertical por Fase
	3,3	4,4	5,5	
Cóndor 3.000	4.755	4.345	3.980	1.200
Cóndor 5.000	6.635	6.070	5.590	
Cóndor 7.000	9.300	9.035	8.250	
Cóndor 9.000	10.960	10.525	9.640	2.000
Cóndor 12.000	13.925	12.560	11.410	
Cóndor 15.000	17.255	15.985	14.690	
Cóndor 18.000	19.745	18.975	18.940	
Cóndor 27.000	29.535	28.265	25.370	
Cóndor 33.000	35.015	32.690	31.310	

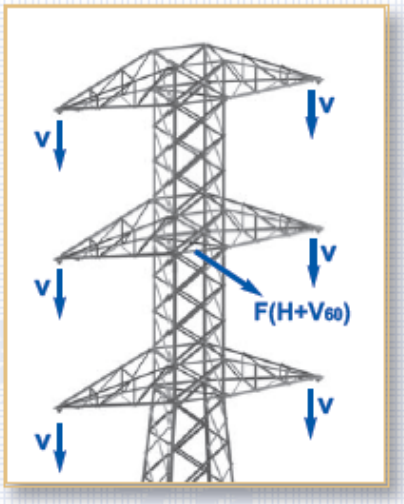
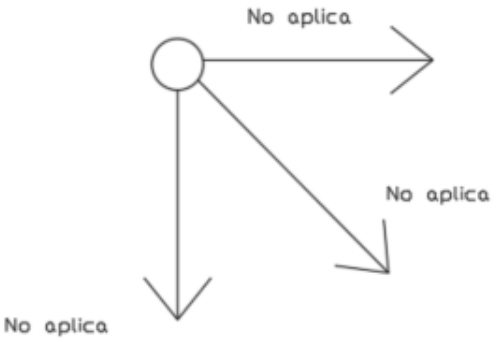


Tabla 17. Parámetros de 2ª hipótesis, hielo y viento, para apoyos Cóndor, Imedexsa

Atendiendo a lo especificado en su hipótesis correspondiente y computando el total de las solicitaciones sería suficiente con un apoyo Cóndor 7000.

3ª HIPÓTESIS: desequilibrio de tracciones



3ª Hipótesis

3ª HIPÓTESIS DESEQUILIBRIO C.S. = 1.2 SIN VIENTO	Separación vertica entre crucetas			Carga Vertical por Fase
	3,3	4,4	5,5	
Cóndor 3.000	6.490	5.940	5.470	1.200
Cóndor 5.000	8.780	8.140	7.500	
Cóndor 7.000	12.490	11.780	10.810	
Cóndor 9000	14.600	13.935	12.730	2.000
Cóndor 12.000	18.085	16.380	14.955	
Cóndor 15.000	22.075	20.585	18.935	
Cóndor 18.000	26.760	25.635	24.415	
Cóndor 27.000	38.150	36.525	34.430	
Cóndor 33.000	44.880	42.620	40.275	

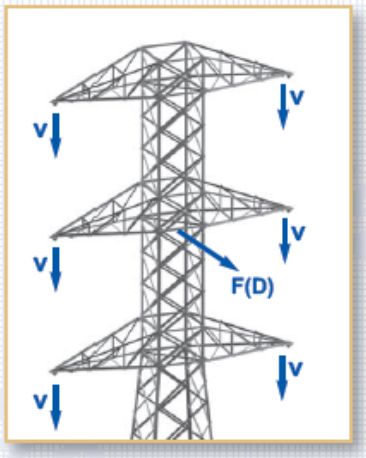
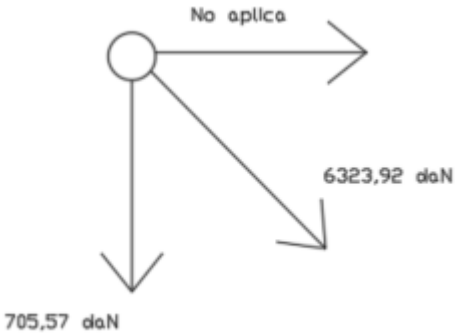


Tabla 18. Parámetros de 3ª hipótesis para apoyos Cóndor, Imedexsa

No aplica para este apoyo en concreto esta hipótesis.

4ª HIPÓTESIS: Rotura de conductores



4ª Hipótesis

4ª HIPÓTESIS TORSIÓN C.S. = 1.2 SIN VIENTO	LONGITUD DE SEMICRUCETA (c)								Carga Vertical por Fase
	3	3,2	3,6	3,8	4,1	4,3	4,6	4,9	
Cóndor 3/5/7.000	3.295	3.140	2.865	2.745	2.585	2.485	2.370	2.170	1.200
Cóndor 9/12/15/18.000	6.260	5.965	5.305	5.085	4.965	4.810	4.580	4.355	2.000
Cóndor 27.000	7.990	7.645	7.010	6.785	6.395	6.170	5.860	5.580	
Cóndor 33.000	9.080	8.675	7.970	7.655	7.205	6.940	6.600	6.270	

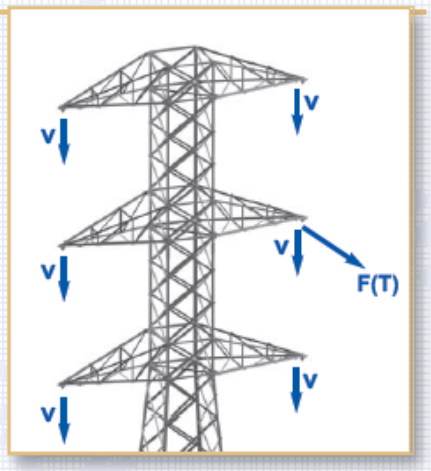


Tabla 19. Parámetros de 4ª hipótesis para apoyos Cóndor, Imedexsa

Atendiendo a lo especificado en su hipótesis correspondiente y computando el total de las solicitaciones sería suficiente con un apoyo Cóndor 27000.

A parte de las comprobaciones individuales de cada una de las hipótesis se hace necesario realizar una comprobación extra para cada apoyo, se trata de la comprobación por cúpula.

COMPROBACIÓN POR CÚPULA

Para realizar esta comprobación necesaria en cada uno de los apoyos se considera la hipótesis de viento como la más desfavorable. En el caso de este apoyo final de línea se consideran unas dimensiones de:

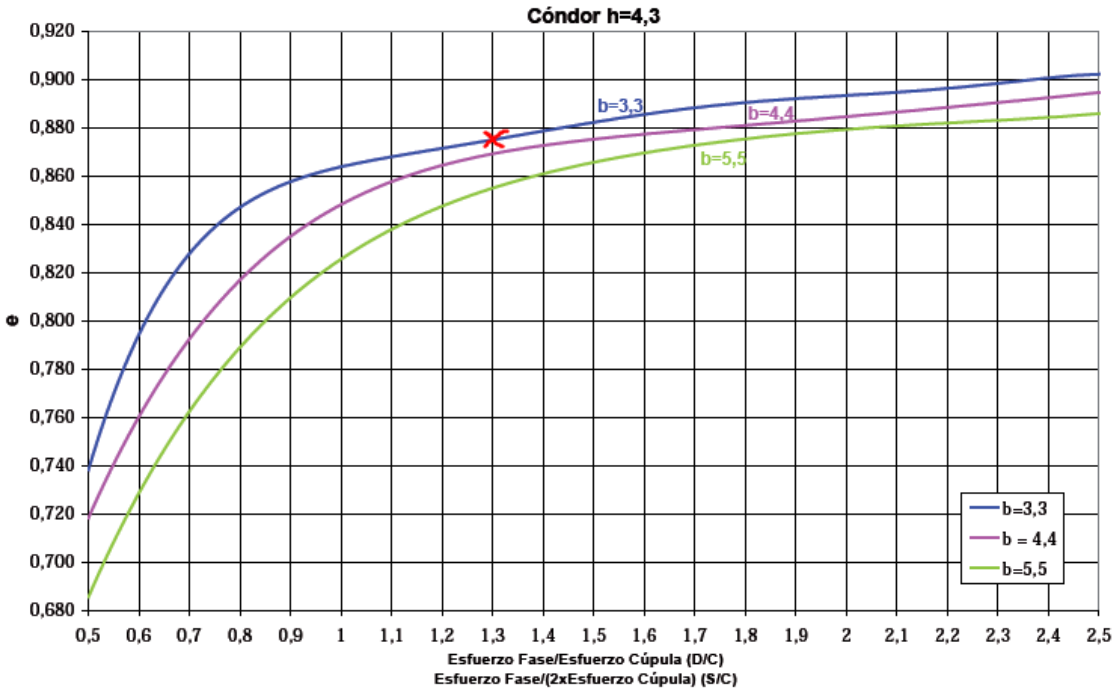
Separación vertical entre crucetas, b = 3,33 m

Altura de la cúpula, h = 4,3 m

Solicitud de fase: 6544,76 daN

Solicitud de guarda: 2528,30 daN

$$\frac{6544{,}76\ daN}{2\ x\ 2528{,}30\ daN} = 1{,}29$$



0,875

$$\frac{6544{,}76\ x\ 3 + 2528{,}30}{0{,}875} = 25.328{,}66\ daN$$

Es decir, me cumple un apoyo modelo 27.000, tipo Cóndor.

Los resultados realizados a través de las hojas de cálculo y su comparación con los catálogos de Imedexsa determina unos tipos de apoyos válidos para las solicitaciones y se presentan a continuación:

Nº apoyo	Tipo apoyo	Denominación	Modelo
1	Fin línea	Cóndor	27000
2	Suspensión	Halcón Real	9000
3	Suspensión	Halcón Real	13000
4	Anclaje en alineación	Halcón Real	7000
5	Anclaje en alineación	Halcón Real	9000
6	Suspensión	Halcón Real	13000
7	Suspensión	Halcón Real	13000
8	Suspensión	Halcón Real	13000
9	Amarre en alineación	Cóndor	9000
10	Anclaje en ángulo	Cóndor	33000
11	Suspensión	Halcón Real	13000
12	Suspensión	Halcón Real	13000
13	Suspensión	Halcón Real	13000
14	Anclaje en alineación	Cóndor	9000
15	Amarre en alineación	Cóndor	9000
16	Suspensión	Halcón Real	13000
17	Amarre en alineación	Halcón Real	13000
18	Anclaje en ángulo	Cóndor	33000
19	Suspensión	Halcón Real	9000
20	Suspensión	Halcón Real	13000
21	Anclaje en ángulo	Cóndor	33000
22	Amarre en ángulo	Cóndor	33000
23	Fin línea	Cóndor	33000

La construcción de todos los apoyos es tronco piramidal, siendo la sección cuadrada con perfiles angulares galvanizados y unidor mediante tornillería.

Los diferentes tipos de apoyos que aparecen en este proyecto presentan las siguientes funciones:

- Apoyo de principio o fin de línea (FL): presenta cadenas de aislamiento de amarre y se disponen en los extremos de la línea de evacuación.
- Apoyo de suspensión (AL-SU): presenta cadenas de aislamiento de suspensión. Son apoyos que deben estar totalmente equilibrados en ambas caras las solicitudes.
- Apoyo de amarre en alineación (AL-AM)
- Apoyo de anclaje en ángulo (AN-ANC)

COMPROBACIÓN DE LOS APOYOS CON EL PROGRAMA IMEDEXSA

A parte de estas primeras conclusiones y cómo se comenta anteriormente en este apartado, se hace uso del software de cálculo que facilita Imedexsa para comprobar los resultados obtenidos de manera manual en el cálculo con los que el programa ofrece. De esta forma y mediante esa comparación, se pueden decidir por uno u otro tipo de apoyo permitiendo un diseño óptimo de la línea de evacuación.

Los resultados de los tipos de apoyo que el programa calcula para el tipo de línea planteada se presentan a continuación.

El programa no sólo te facilita el tipo de apoyo más adecuado si no que también las características y dimensiones que debe tener.

					Armados N y S				Armados T y B							
Número apoyo	Función apoyo	Tipo torre	Tipo cruceta	Torre seleccionada	Cabeza (m) "b"	Cruceta (m) "a"	Cruceta (m) "c"	Cúpula (m) "h"	Cruceta (m) "a"-"d"	Cruceta (m) "b"	Ahorcam. h real	Comprob. Esf. Vertical	Denominacion Torre	Código armado	Peso torre (Kg)
1	FL	IC	S	IC-55000	5,8	5	5	7,2			OK	OK	IC-55000-25	S1221	17728
2	AL-SU	HAR	S	HAR-7000	3	3,6	3,6	3			OK	COMPROBAR	HAR-7000-29	S3881	4002
3	AL-AM	CO	S	CO-9000	3,3	4,1	4,1	5,9			OK	OK	CO-9000-12	S1553	3298
4	AL-ANC	CO	S	CO-12000	4,4	4,1	4,1	5,9			OK	OK	CO-12000-15	S2553	4272
5	AL-ANC	CO	S	CO-12000	4,4	4,1	4,1	5,9			OK	OK	CO-12000-15	S2553	4272
6	AL-SU	GCO	S	GCO-40000	5,6	5,6	5,6	6,5			OK	OK	GCO-40000-25	S1221	12595
7	AL-SU	CO	S	CO-5000	3,3	4,1	4,1	4,3			OK	COMPROBAR	CO-5000-24	S1551	3882
8	AL-SU	CO	S	CO-5000	3,3	4,9	4,9	4,3			OK	OK	CO-5000-18	S1881	3148
9	AL-AM	CO	S	CO-9000	3,3	4,1	4,1	5,9			OK	OK	CO-9000-15	S1553	3772
10	AN-AM	---	S	---	---	---	---	---			OK	---	---		---
11	AL-SU	CO	S	CO-7000	3,3	4,9	4,9	4,3			OK	COMPROBAR	CO-7000-36	S1881	6661
12	AL-SU	CO	S	CO-7000	3,3	4,3	4,3	4,3			OK	COMPROBAR	CO-7000-27	S1661	4803
13	AL-SU	CO	S	CO-5000	3,3	4,6	4,6	4,3			OK	COMPROBAR	CO-5000-15	S1771	2720
14	AL-ANC	CO	S	CO-12000	4,4	4,1	4,1	5,9			OK	OK	CO-12000-15	S2553	4272

					Armados N y S				Armados T y B							
Número apoyo	Función apoyo	Tipo torre	Tipo cruceta	Torre seleccionada	Cabeza (m) "b"	Cruceta (m) "a"	Cruceta (m) "c"	Cúpula (m) "h"	Cruceta (m) "a"-"d"	Cruceta (m) "b"	Ahorcam. h real	Comprob. Esf. Vertical	Denominacion Torre	Código armado	Peso torre (Kg)
15	AL-AM	CO	S	CO-9000	3,3	4,1	4,1	5,9			OK	OK	CO-9000-24	S1553	5406
16	AL-SU	GCO	S	GCO-40000	5,6	5,6	5,6	6,5			OK	OK	GCO-40000-35	S1221	17438
17	AL-AM	CO	S	CO-9000	3,3	4,1	4,1	5,9			OK	COMPROBAR	CO-9000-12	S1553	3298
18	AN-ANC	---	S	---	---	---	---	---			OK	---	---		---
19	AL-SU	HAR	S	HAR-5000	3	3,6	3,6	3			OK	OK	HAR-5000-20	S3881	2456
20	AL-AM	CO	S	CO-9000	3,3	4,1	4,1	5,9			OK	OK	CO-9000-12	S1553	3298
21	AN-ANC	---	S	---	---	---	---	---			OK	---	---		---
22	AN-ANC	---	S	---	---	---	---	---			OK	---	---		---
23	FL	IC	S	IC-55000	5,8	5	5	7,2			OK	OK	IC-55000-15	S1221	13002

Las conclusiones respecto a los apoyos definitivos a disponer para la ejecución de este proyecto se muestran a continuación.

Nº apoyo	Tipo apoyo	Denominación	Modelo	Altura nominal (m)	Cruceta, a (m)	Distancia vertical, b (m)	Cruceta, c (m)	Cúpula (m)	Peso Torre (kg)
1	Fin línea	Cóndor	27000	27	3	3,33	3,2	4,3	7584
2	Suspensión	Halcón Real	9000	24	2,4	2	2,5	3,7	4002
3	Suspensión	Cóndor	9000	13	3	3,33	3,2	4,3	3996
4	Anclaje en alineación	Halcón Real	7000	15	2,4	2	2,5	3,7	3521
5	Anclaje en alineación	Halcón Real	9000	13	2,4	2	2,5	3,7	4235
6	Suspensión	Halcón Real	13000	20	2,4	2	2,5	3,7	5125
7	Suspensión	Cóndor	5000	20	3	3,33	3,2	4,3	3882
8	Suspensión	Cóndor	5000	20	3	3,33	3,2	4,3	3882
9	Amarre en alineación	Cóndor	9000	36	3	3,33	3,2	4,3	3996
10	Anclaje en ángulo	Cóndor	33000	36	3	3,33	3,2	4,3	12397
11	Suspensión	Cóndor	7000	32	3	3,33	3,2	4,3	6661
12	Suspensión	Cóndor	7000	29	3	3,33	3,2	4,3	6661
13	Suspensión	Cóndor	5000	18	3	3,33	3,2	4,3	3882
14	Anclaje en alineación	Cóndor	9000	18	3	3,33	3,2	4,3	3996
15	Amarre en alineación	Cóndor	9000	24	3	3,33	3,2	4,3	3996
16	Suspensión	Halcón Real	13000	27	2,4	2	2,5	3,7	5125
17	Amarre en alineación	Cóndor	9000	20	3	3,33	3,2	4,3	3996
18	Anclaje en ángulo	Cóndor	33000	20	3	3,33	3,2	4,3	5125
19	Suspensión	Halcón Real	5000	21	2,4	2	2,5	3,7	2456
20	Suspensión	Cóndor	9000	18	3	3,33	3,2	4,3	3996
21	Anclaje en ángulo	Cóndor	33000	27	3	3,33	3,2	4,3	8464
22	Amarre en ángulo	Cóndor	33000	33	3	3,33	3,2	4,3	10951
23	Fin línea	Cóndor	33000	29	3	3,33	3,2	4,3	9436

APOYOS FRECUENTADOS

Atendiendo a las indicaciones del apartado 2.4.2 del RLEAT en su ITC-LAT-07, los apoyos situados en lugares de acceso público y donde la presencia de personas ajenas a la instalación eléctrica es frecuente, dispondrán de las medidas oportunas para dificultar su escalamiento hasta una altura mínima de 2,5 m; por ello, se dispondrán chapas de acero recubrimiento las partes de arranque de las patas de los apoyos.

A lo largo del trazado de la nueva línea de evacuación, los dos apoyos frecuentados que se encuentran se sitúan en el apoyo 18 y el apoyo 21.
En las imágenes a continuación se muestra el prototipo de un apoyo frecuentado.



Ilustración 13. Apoyos frecuentados Finca Higares (Toledo)

CAPÍTULO 8 CÁLCULO DE CIMENTACIONES

Al disponer de dos tipos de apoyos principales, el apoyo Halcón Real (HAR) y el apoyo Cóndor (CO) se ejecutarán dos tipos de cimentaciones diferentes según demanda cada uno de ellos; de tal modo que para el apoyo Cóndor, las cimentaciones de las torres serán de macizos independientes para las cuatro patas de apoyo mientras que para los apoyos modelo Halcón Real, se trata de apoyos con cimentación monobloque.

Para ambos apoyos en lo referido al RLEAT, en su ITC-LAT-07 apartado 3.6 se menciona respecto a este tipo en concreto que las cimentaciones deben ser diseñadas para absorber las cargas de compresión y arranque que el apoyo transmite en el suelo.

Ante el desconocimiento del tipo de terreno al no haberse realizado catas o ensayos de comprobación a lo largo del trazado que sigue la nueva línea de evacuación se considerará para todo el mismo un tipo de terreno normal, suponiendo un nivel de compactación de unos 3 kg/cm^3 en peso específico del terreno.

COMPROBACIÓN AL ARRANQUE

Según lo indicado en el apartado 3.6.2 de la ITC-LAT-07 para esta evaluación se consideran todas las fuerzas que se oponen al arranque del apoyo:

a) Peso del apoyo.
b) Peso propio de la cimentación.
c) Peso de las tierras que arrastraría el macizo de hormigón al ser arrancado.

Se considera (al no disponer, como se menciona anteriormente, de ensayos de comprobación de las características reales del terreno) un ángulo de talud natural o de arranque de tierras de 30º al ser considerado terreno normal.
Del mismo modo se comprueba que el coeficiente de estabilidad de la cimentación, K, no es inferior a 1,5 para las hipótesis de cálculo normales y 1,2 para las anormales.

- Determinación de la carga nominal de arranque

$$P\ arranque = \frac{F\ x\ Ht}{2\ x\ C} - \frac{Fv + P\ apoyo}{4}$$

- F, esfuerzo nominal del apoyo (daN)
- Ht, altura del punto de aplicación del esfuerzo nominal
- C: separación entre patas (m)
- Fv, carga vertical total sobre el apoyo (daN)
- P apoyo, peso total del apoyo (daN)

- Coeficiente de estabilidad de la cimentación

$$K = \frac{P\ estabilizador}{P\ arranque}$$

Siendo:

- P estabilizador: esfuerzo estabilizador total (daN)
- P arranque: carga nominal de arranque (m)

Para determinar el P estabilizador total se debe tener en cuenta el peso del macizo de hormigón y el peso de las tierras arrancadas según el ángulo natural del terreno.

$$P\ estabilizador = P\ macizo + P\ tierras$$

Siendo,

$$P\ macizo = \delta hor\ x\ a^2 x\ (H + 0{,}2)$$

- δhor, densidad del hormigón: 2200 kg/m^3
- a, ancho de la cimentación (m)
- H, altura de la cimentación (m)

y,

$$P\ tierras = \delta tier\ x\ (\frac{H}{3} x\ (S1 + S2 + \sqrt{S1 * S2}) - a^2 x\ H - Vinter)$$

- δtier, peso específico del terreno (kg/m^3)
- a, ancho de la cimentación (m)
- H, altura de la cimentación (m)
- S1 =a2
- S2=(a^2+2 x H x tanβ)^2
- Vinter, volumen de interferencia de tierras (m^2)

COMPROBACIÓN A COMPRESIÓN

Atendiendo a lo especificado en el apartado 3.6.3 de la ITC-LAT-07 se consideran todas las cargas de compresión que la cimentación transmite al terreno.

a) Peso del apoyo.
b) Peso propio de la cimentación.
c) Peso de las tierras que actúan sobre la solera de la cimentación.
d) Carga de compresión ejercida por el apoyo.

Se comprueba que todas las cargas de compresión, divididas por la superficie de la solera de la cimentación no sobrepasa la carga admisible del terreno, 4 daN/cm^2, teniendo en cuenta el tipo de terreno propuesto por la tabla 10 del apartado 3.6.5 de la ITC-LAT-07 (arcilloso duro).

$$\sigma\ admisible > \sigma\ terreno$$

Siendo,

$$\sigma\ terreno = \frac{C\ max + P\ macizo}{a^2}$$

- P macizo se calcula de la misma forma que lo anteriormente obtenido.

- C max, carga máxima de compresión por montante (daN)
- a, ancho de la cimentación

y,

$$Cmax = \frac{F\ x\ Ht}{2\ x\ C} - \frac{Fv + P\ apoyo}{4}$$

Para los apoyos modelo **Cóndor**, se trata de apoyos las cimentaciones de las torres serán de macizos independientes para las cuatro patas de apoyo. Los macizos son de sección cuadrada recta.

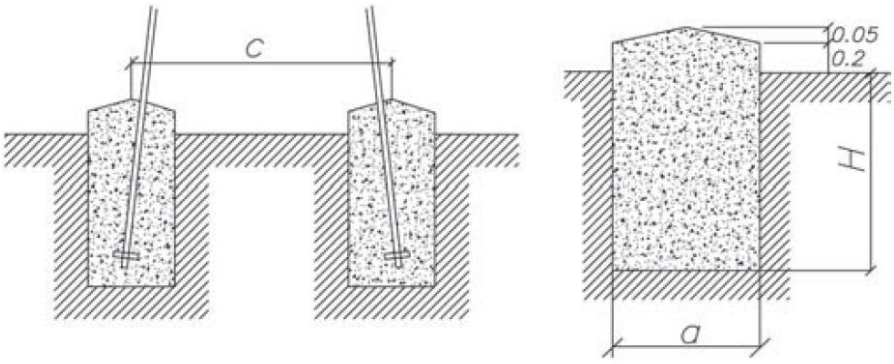


Ilustración 14. Cimentación para apoyo tipo Cóndor, Imedexsa



Ilustración 15. Imagen de un apoyo de cuatro patas tipo Cóndor

Para los apoyos modelo **Halcón Real**, se trata de apoyos con cimentación monobloque, lo que permite reducir el área necesaria para la instalación en campo, de sección cuadrada y celosía doble en las caras.

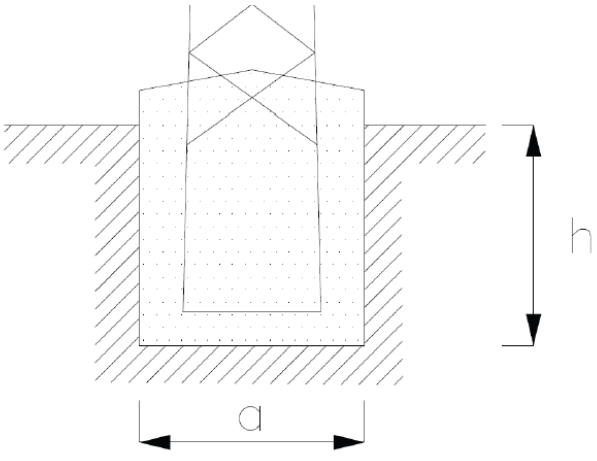


Ilustración 16. Cimentación apoyo Halcón Real, Imedexsa



Ilustración 17. Imagen 1 de cimentación tipo Halcón Real



Ilustración 18. Imagen 2 de cimentación apoyo tipo Halcón Real

Atendiendo a las recomendaciones del fabricante en cuanto a las dimensiones y volúmenes de excavación se tienen:

				Dimensiones (m)			Volúmen (m^3)	
Nº apoyo	Tipo apoyo	Denominación	Modelo	Ancho (a)	Altura (H)	Separación (c)	Excavación total	Hormigón total
1	Fin línea	Cóndor	27000	1,95	3,6	6,4	54,76	55,62
2	Suspensión	Halcón Real	9000	2,45	2,75	-	16,51	17,86
3	Suspensión	Cóndor	9000	1,05	2,45	3,8	10,8	11,05
4	Anclaje en alineación	Halcón Real	7000	1,88	2,46	-	8,69	9,49
5	Anclaje en alineación	Halcón Real	9000	1,93	2,53	-	9,42	10,26
6	Suspensión	Halcón Real	13000	2,21	2,91	-	14,21	15,31
7	Suspensión	Cóndor	5000	0,95	2,35	4,83	8,48	8,68
8	Suspensión	Cóndor	5000	0,95	2,35	4,83	8,48	8,68
9	Amarre en alineación	Cóndor	9000	1,25	2,7	7,97	8,48	8,83
10	Anclaje en ángulo	Cóndor	33000	2,15	3,8	7,97	8,48	9,52
11	Suspensión	Cóndor	7000	1,2	2,7	6,61	8,48	8,80
12	Suspensión	Cóndor	7000	1,15	2,7	6,2	14,28	14,58
13	Suspensión	Cóndor	5000	0,95	2,25	4,38	8,12	8,32
14	Anclaje en alineación	Cóndor	9000	1,1	2,5	4,85	12,12	12,39
15	Amarre en alineación	Cóndor	9000	1,15	2,6	5,92	13,6	13,90
16	Suspensión	Halcón Real	13000	2,48	3,03	-	14,21	15,59
17	Amarre en alineación	Cóndor	9000	1,15	2,55	5,35	13,48	13,78
18	Anclaje en ángulo	Cóndor	33000	2,05	5,35	3,75	63,04	63,99
19	Suspensión	Halcón Real	5000	1,96	2,46	-	9,45	10,31
20	Suspensión	Cóndor	9000	1,1	2,5	4,85	12,12	12,39
21	Anclaje en ángulo	Cóndor	33000	2,1	3,8	6,4	67,04	68,03
22	Amarre en ángulo	Cóndor	33000	2,15	3,8	7,43	70,28	71,32
23	Fin línea	Cóndor	33000	2,15	3,8	6,95	70,28	71,32

CAPÍTULO 9 CÁLCULOS ELÉCTRICOS

Las características generales que presenta la nueva línea de evacuación proyectada se presentan a continuación.

Tensión Nominal	220 kV
Tensión más elevada	245 kV
Frecuencia	50 Hz
Longitud de la línea	6,931 km
Categoría de la línea	Especial
Clasificación de la zona	B
Velocidad de viento máxima reglamentada	140 km/h
Factor de potencia	0,8

Las características específicas de cada uno de los conductores, fase y guarda, también se detallan a continuación.

Modelo	LA-280 HAWK
Material	Aluminio-Acero
Sección total	281,1 mm^2
Número de alambres	26+7
Diámetro total	21,8 mm
Carga de rotura nominal (σ_r)	8620 kgf
Módulo de elasticidad	7300 daN/mm^2

Peso propio	977 kg/km
Coeficiente de dilatación lineal	18,9 * 10^{-6} ºC^{-1}

Modelo	OPGW 24 fibras
Material	Tubo de aluminio con armadura de 10 hilos de acero recubiertos de aluminio
Sección total	147,41 mm^2
Nº de alambres	10 hilos de acero exteriores
Diámetro total	13,70 mm
Carga de rotura nominal	7000 daN
Módulo de elasticidad	11250 daN/mm^2
Peso propio	563 kg/km
Coeficiente de dilatación lineal	14,6 * 10^{-6} ºC^{-1}

Para la realización de los cálculos es importante destacar parámetros de cálculo del aluminio como son: la resistividad, 0,0283 Ω mm^2/m y el coeficiente de temperatura, 0,0039 k^{-1}.

Conocidas las características antes especificadas en las tablas se procede a la selección del tipo de conductor más adecuado teniendo en cuenta la potencia a evacuar. Para ello se emplea el criterio de densidad de corriente calculando en primer lugar la capacidad de corriente entre conductores (determinar la intensidad máxima admisible, parámetro función de la sección del conductor y de la densidad de corriente) y en segundo lugar la capacidad de transporte (potencia transportada total).

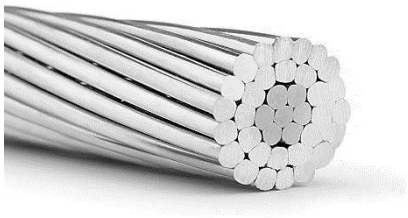


Ilustración 19. Modelo tipo de conductor LA-280 HAWK

Además, es importante destacar la disposición definitiva dúplex de los conductores de fase. Esta consideración se tiene como resultado de la comparativa en el cálculo eléctrico de los de tres tipos de conductores: LA-330 GULL simplex, LA-180 en dúplex y LA-280 HAWK en dúplex, siendo el resultado óptimo y de menores pérdidas de potencia en recepción el obtenido para el LA-280 HAWK dúplex. Cabe destacar que la comparativa se ha realizado también para 8 tipos de apoyos considerando una composición de las partes más básica según catálogo, como una referencia para poder.

Configuración	h (m)	a (m)	b(m)	c(m)	Tipo
Milano	2,3	1,5	1,5	1,75	SM1C
Halcón	3,4	2	1,4	2,4	SH1C
Halcón Real	3,7	2,4	2	2,5	SHR1C
Águila	3,7	2,4	2	2,5	SG1C
Águila Real	3,7	2	2	2	AGI
Cóndor	4,3	3	3,3	3,2	S3
Cóndor Internacional	4,3	3	3,3	3	COI

Configuración	D23 (m)	D31 (m)	DMG
Milano	3,58	3,01	3,31
Halcón	4,62	2,83	3,81
Halcón Real	5,29	4,00	4,79
Águila	5,29	4,00	4,79
Águila Real	4,47	4,00	4,31
Cóndor	7,02	6,60	6,82
Cóndor Internacional	6,85	6,60	6,76

A continuación, se presenta el procedimiento de cálculo para las diferentes partes: resistencia, reactancia, conductancia y susceptancia.

- **RESISTENCIA**

Para el cálculo de la resistencia kilométrica de la línea

Código	Código antiguo	Sección			Nº de alambres		Diámetro del alambre		Diámetro		Masa por unidad de longitud	Resistencia a la tracción asignada	Resistencia en c.c.
		Al	Acero	Total	Al	Acero	Al	Acero	Alma	Conductor			
		mm²	mm²	mm²			mm	mm	mm	mm	kg/km	kN	Ω/km
27-AL1/4-ST1A	LA 30	26,7	4,45	31,1	6	1	2,38	2,38	2,38	7,14	107,8	9,74	1,073 6
47-AL1/8-ST1A	LA 56	46,8	7,79	54,6	6	1	3,15	3,15	3,15	9,45	188,8	16,29	0,612 9
67-AL1/11-ST1A	LA 78	67,3	11,2	78,6	6	1	3,78	3,78	3,78	11,3	271,8	23,12	0,425 6
94-AL1/22-ST1A	LA 110	94,2	22,0	116,2	30	7	2,00	2,00	6,00	14,0	432,5	43,17	0,306 7
119-AL1/28-ST1A	LA 145	119,3	27,8	147,1	30	7	2,25	2,25	6,75	15,8	547,4	54,03	0,242 3
147-AL1/34-ST1A	LA 180	147,3	34,4	181,6	30	7	2,50	2,50	7,50	17,5	675,8	64,94	0,196 3
242-AL1/39-ST1A	LA 280 HAWK	241,6	39,5	281,1	26	7	3,44	2,68	8,04	21,8	976,2	84,89	0,119 5
337-AL1/44-ST1A	LA 380 GULL	337,3	43,7	381,0	54	7	2,82	2,82	8,46	25,4	1 274,6	107,18	0,085 7
402-AL1/52-ST1A	LA 455 CONDOR	402,3	52,2	454,5	54	7	3,08	3,08	9,24	27,7	1 520,5	123,75	0,071 9
485-AL1/63-ST1A	LA 545 CARDINAL	484,5	62,8	547,3	54	7	3,38	3,38	10,1	30,4	1 831,1	149,04	0,059 7
565-AL1/72-ST1A	LA 635 FINCH	565,0	71,6	636,6	54	19	3,65	2,19	11,0	32,9	2 123,0	174,14	0,051 2

$$Resistencia\ total = \frac{rk * \ longitud\ de\ la\ línea}{nº\ conductores}$$

Siendo $rk = rdc\ \left(\frac{\Omega}{km}\ según\ fabricante\right) x\ f1\ x\ \ f2\ x\ f3\ x\ f4$ la resistencia kilométrica efectiva

- f1: parámetro función del número de hilos de alambre del conductor, longitud helicoidal. 1,02
- f2: parámetro debido al efecto skin. 1
- f3: parámetro debido al efecto proximidad entre conductores. No aplica
- f4: parámetro debido a la intensidad de corriente. No aplica para el aluminio.

Los resultados obtenidos para los diferentes tipos de conductores propuestos y las disposiciones se presentan a continuación.

Configuración apoyo	Disposición conductores	Tipo conductor	nº (conductores/fase)	rdc (Ω/km)	rk = rdc * f1 *f2*f3*f4 (Ω/km)	Resistencia (Ω)
Milano	Símplex	LA-330 GULL	1	0,086	0,087	0,606
	Dúplex	LA-180	2	0,196	0,200	0,693
	Dúplex	LA-280 HAWK	2	0,119	0,122	0,422
Halcón	Símplex	LA-330 GULL	1	0,086	0,087	0,606
	Dúplex	LA-180	2	0,196	0,200	0,693
	Dúplex	LA-280 HAWK	2	0,119	0,122	0,422
Halcón Real	Símplex	LA-330 GULL	1	0,086	0,087	0,606
	Dúplex	LA-180	2	0,196	0,200	0,693
	Dúplex	LA-280 HAWK	2	0,119	0,122	0,422
Águila	Símplex	LA-330 GULL	1	0,086	0,087	0,606
	Dúplex	LA-180	2	0,196	0,200	0,693
	Dúplex	LA-280 HAWK	2	0,119	0,122	0,422
Águila Real	Símplex	LA-330 GULL	1	0,086	0,087	0,606
	Dúplex	LA-180	2	0,196	0,200	0,693
	Dúplex	LA-280 HAWK	2	0,119	0,122	0,422
Cóndor	Símplex	LA-330 GULL	1	0,086	0,087	0,606
	Dúplex	LA-180	2	0,196	0,200	0,693
	Dúplex	LA-280 HAWK	2	0,119	0,122	0,422
Cóndor Internacional	Símplex	LA-330 GULL	1	0,086	0,087	0,606
	Dúplex	LA-180	2	0,196	0,200	0,693
	Dúplex	LA-280 HAWK	2	0,119	0,122	0,422

- **REACTANCIA**

$$X = Xk\ x\ longitud\ de\ la\ línea$$

Siendo,

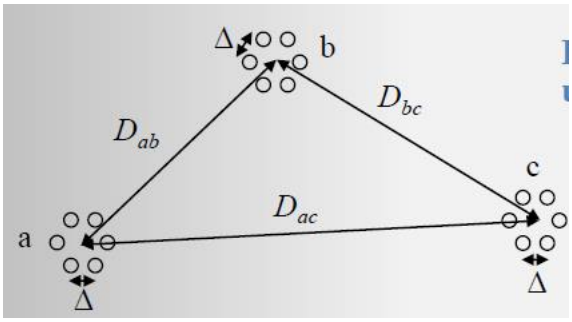
Xk = 2 x π x frecuencia x Lk la reactancia kilométrica debida al campo magnético propio y al del acoplamiento con el resto de cables

Siendo,

$$Lk = 2\ x \ln\left(\frac{DMG}{RMG}\right) \text{ x } 10^{-4}$$

Siendo,

DMG, distancia media geométrica entre fases = $\sqrt[3]{Dab\ x\ Dac\ x\ Dbc}$



Y RMG o radio medio geométrico o radio equivalente cada fase $\sqrt[n]{Crmg\ x\ radio\ conductor\ x\ \Delta`\ n-1}$

Conductores homogéneos		Conductores Aluminio-acero	
Nº hilos	C_{RMG}	Composición	C_{RMG}
1	0,7788	6+1[1]	0,7681
3	0,678	26+7	0,8116
7	0,7253	30+7	0,8260
19	0,7570	30+19	0,8270
37	0,7680	54+7	0,8085
61	0,7720	54+19	0,8075
91	0,7744	[1]: 6 conductores de Al y 1 de acero	
127	0,7750		

Los resultados obtenidos para los diferentes tipos de conductores propuestos y las disposiciones se presentan a continuación.

Configuración apoyo	Disposición conductores	Tipo conductor	DMG (m)	RMG (mm)	Lk	xk (Ω/km)	Reactancia (Ω)
Milano	Simplex	LA-330 GULL	3,31	10,26	0,0012	0,36	2,515
	Dúplex	LA-180	3,31	53,77	0,0008	0,26	1,794
	Dúplex	LA-280 HAWK	3,31	59,49	0,0008	0,25	1,750
Halcón	Simplex	LA-330 GULL	3,81	10,26	0,0012	0,37	2,577
	Dúplex	LA-180	3,81	53,77	0,0009	0,27	1,856
	Dúplex	LA-280 HAWK	3,81	59,49	0,0008	0,26	1,812
Halcón Real	Simplex	LA-330 GULL	4,79	10,26	0,0012	0,39	2,677
	Dúplex	LA-180	4,79	53,77	0,0009	0,28	1,955
	Dúplex	LA-280 HAWK	4,79	59,49	0,0009	0,28	1,911
Águila	Simplex	LA-330 GULL	4,79	10,26	0,0012	0,39	2,677
	Dúplex	LA-180	4,79	53,77	0,0009	0,28	1,955
	Dúplex	LA-280 HAWK	4,79	59,49	0,0009	0,28	1,911
Águila Real	Simplex	LA-330 GULL	4,31	10,26	0,0012	0,38	2,630
	Dúplex	LA-180	4,31	53,77	0,0009	0,28	1,909
	Dúplex	LA-280 HAWK	4,31	59,49	0,0009	0,27	1,865
Cóndor	Simplex	LA-330 GULL	6,82	10,26	0,0013	0,41	2,831
	Dúplex	LA-180	6,82	53,77	0,0010	0,30	2,109
	Dúplex	LA-280 HAWK	6,82	59,49	0,0009	0,30	2,065
Cóndor Internacional	Simplex	LA-330 GULL	6,76	10,26	0,0013	0,41	2,827
	Dúplex	LA-180	6,76	53,77	0,0010	0,30	2,105
	Dúplex	LA-280 HAWK	6,76	59,49	0,0009	0,30	2,061

- **SUSCEPTANCIA**

Se trata del efecto capacitivo entre conductores y entre éstos y su tierra.

$$B = bk\ x\ longitud\ de\ la\ línea$$

Siendo $b_k = \omega \times C_k$

Y siendo,

$$Ck = \frac{2\ x\ \pi\ x\ \varepsilon 0}{\ln\left(\frac{DMG}{RMG'}\right)}\ x\ 10^3$$

Con $RMG' = \sqrt[N]{radio\ conductor\ x\ \Delta'\ n-1}$

Los resultados obtenidos para los diferentes tipos de conductores propuestos y las disposiciones se presentan a continuación.

Configuración apoyo	Disposición conductores	Tipo conductor	Ck	bk (S/Km)	Susceptancia/fase (S)
Milano	Símplex	LA-330 GULL	0,0000000100	0,0000031418	2,17758E-05
	Dúplex	LA-180	0,0000000138	0,0000043440	3,01079E-05
	Dúplex	LA-280 HAWK	0,0000000142	0,0000044659	3,09531E-05
Halcón	Símplex	LA-330 GULL	0,0000000098	0,0000030636	2,12336E-05
	Dúplex	LA-180	0,0000000134	0,0000041958	2,90812E-05
	Dúplex	LA-280 HAWK	0,0000000137	0,0000043095	2,98689E-05
Halcón Real	Símplex	LA-330 GULL	0,0000000094	0,0000029452	2,04131E-05
	Dúplex	LA-180	0,0000000127	0,0000039769	2,75637E-05
	Dúplex	LA-280 HAWK	0,0000000130	0,0000040788	2,82704E-05
Águila	Símplex	LA-330 GULL	0,0000000094	0,0000029452	2,04131E-05
	Dúplex	LA-180	0,0000000127	0,0000039769	2,75637E-05
	Dúplex	LA-280 HAWK	0,0000000130	0,0000040788	2,82704E-05
Águila Real	Símplex	LA-330 GULL	0,0000000095	0,0000029990	2,07862E-05
	Dúplex	LA-180	0,0000000130	0,0000040757	2,82483E-05
	Dúplex	LA-280 HAWK	0,0000000133	0,0000041828	2,8991E-05
Cóndor	Símplex	LA-330 GULL	0,0000000088	0,0000027798	1,92668E-05
	Dúplex	LA-180	0,0000000117	0,0000036811	2,5514E-05
	Dúplex	LA-280 HAWK	0,0000000120	0,0000037683	2,61184E-05
Cóndor Internacional	Símplex	LA-330 GULL	0,0000000089	0,0000027836	1,92932E-05
	Dúplex	LA-180	0,0000000117	0,0000036878	2,55604E-05
	Dúplex	LA-280 HAWK	0,0000000120	0,0000037753	2,61669E-05

- **CONDUCTANCIA**

Modela las pérdidas que se producen por la presencia de corrientes de fuga a través del aislamiento cuando está sometido a la tensión de fase. Las principales pérdidas en una línea aérea son debidas al campo eléctrico en el aire:

- Fugas en aisladores: suciedad en aisladores y las condiciones ambientales (contaminación, salitre, humedad…). Suelen despreciarse.
- Efecto corona, conducción por el aire ionizado. Tiene más importancia con menor distancia entre conductores, menor diámetro de los mismos y mayor tensión.

$$Vc = valor\ eficaz\ de\ la\ tensión\ crítica\ disruptiva = \frac{29{,}8}{\sqrt{2}}\ x\ mc\ x\ \delta\ x\ mt\ x\ radio\ x\ n\ x \ln\left(\frac{DMG}{RMG`}\right) < V\ servicio$$

Siendo,

Mc = 0,83 para conductores de alambres

Mt = 1 para tiempo seco,

Radio del conductor en cm, 1,09.

N, número de cables por fase, 2.

$$Pérdidas\ efecto\ corona = \frac{241x10^{-2}}{\delta}\ x\ (f + 25)x\ [\frac{RMG`}{DMG}]^{1/2}x\ (Vm - Vc)^2$$

Siendo,

h; la presión barométrica en cm de la columna de mercurio

Vm, la tensión más elevada de la tensión de servicio en KV de tensión fase-neutro.

$$\delta, factor\ de\ corrección\ de\ la\ densidad\ del\ aire\ en\ fucnión\ de\ la\ altitud = \frac{3.921\ x\ h}{273 + \theta}; \log(h) = \log(76) - (\frac{Altitud}{18336})$$

Θ, temperatura de la zona del tendido, 25º C

Configuración apoyo	Disposición conductores	Tipo conductor	nº (conductores/fase)	Vc (kV)	Uc (kV) Tensión de línea	Pc (Pérdidas efecto corona) W/km	Pc (Pérdidas efecto corona) kW/km	Pc (Pérdidas efecto corona) kW
Milano	Símplex	LA-330 GULL	1	124,13	215,00	3503,17	3,50	24,28
	Dúplex	LA-180	2	123,81	214,44	7848,18	7,85	54,40
	Dúplex	LA-280 HAWK	2	150,02	259,83	1953,53	1,95	13,54
Halcón	Símplex	LA-330 GULL	1	127,30	220,49	3262,99	3,26	22,62
	Dúplex	LA-180	2	128,18	222,01	7310,10	7,31	50,67
	Dúplex	LA-280 HAWK	2	155,46	269,27	1819,59	1,82	12,61
Halcón Real	Símplex	LA-330 GULL	1	132,41	229,35	2909,52	2,91	20,17
	Dúplex	LA-180	2	135,23	234,23	6518,22	6,52	45,18
	Dúplex	LA-280 HAWK	2	164,25	284,49	1622,48	1,62	11,25
Águila	Símplex	LA-330 GULL	1	132,41	229,35	2909,52	2,91	20,17
	Dúplex	LA-180	2	135,23	234,23	6518,22	6,52	45,18
	Dúplex	LA-280 HAWK	2	164,25	284,49	1622,48	1,62	11,25
Águila Real	Símplex	LA-330 GULL	1	130,04	225,23	3068,66	3,07	21,27
	Dúplex	LA-180	2	131,96	228,55	6874,75	6,87	47,65
	Dúplex	LA-280 HAWK	2	160,17	277,42	1711,23	1,71	11,86
Cóndor	Símplex	LA-330 GULL	1	140,29	242,99	2438,70	2,44	16,90
	Dúplex	LA-180	2	146,10	253,05	5463,43	5,46	37,87
	Dúplex	LA-280 HAWK	2	177,78	307,93	1359,93	1,36	9,43
Cóndor Internacional	Símplex	LA-330 GULL	1	140,10	242,66	2449,22	2,45	16,98
	Dúplex	LA-180	2	145,83	252,59	5486,99	5,49	38,03
	Dúplex	LA-280 HAWK	2	177,45	307,36	1365,79	1,37	9,47

Además, se diseña la instalación suponiendo una caída de tensión máxima de 10,20 % desde cabecera de la línea hasta el intercambiador de tomas del transformador.

Además de lo analizado anteriormente también se procede al cálculo de las pérdidas por efecto Joule y con ello poder obtener las pérdidas totales y determinar la potencia en recepción respecto de la necesaria a evacuar, 180 MW.

$$Pérdidas\ efecto\ Joule = 3\ x\ Resistencia\ línea\ x\ Longitud\ línea$$

Configuración apoyo	Disposición conductores	Tipo conductor	nº (conductores/fase)	Pérdidas efecto Joule (W)	Pérdidas efecto Joule (kW)	Pérdidas totales (kW)	Potencia en recepción (MW)
Milano	Símplex	LA-330 GULL	1	633718,76	633,72	658,00	179,34
	Dúplex	LA-180	2	362336,28	362,34	416,73	179,58
	Dúplex	LA-280 HAWK	2	220729,35	220,73	234,27	179,77
Halcón	Símplex	LA-330 GULL	1	633718,76	633,72	656,33	179,34
	Dúplex	LA-180	2	362336,28	362,34	413,00	179,59
	Dúplex	LA-280 HAWK	2	220729,35	220,73	233,34	179,77
Halcón Real	Símplex	LA-330 GULL	1	633718,76	633,72	653,88	179,35
	Dúplex	LA-180	2	362336,28	362,34	407,51	179,59
	Dúplex	LA-280 HAWK	2	220729,35	220,73	231,97	179,77
Águila	Símplex	LA-330 GULL	1	633718,76	633,72	653,88	179,35
	Dúplex	LA-180	2	362336,28	362,34	407,51	179,59
	Dúplex	LA-280 HAWK	2	220729,35	220,73	231,97	179,77
Águila Real	Símplex	LA-330 GULL	1	633718,76	633,72	654,99	179,35
	Dúplex	LA-180	2	362336,28	362,34	409,99	179,59
	Dúplex	LA-280 HAWK	2	220729,35	220,73	232,59	179,77
Cóndor	Símplex	LA-330 GULL	1	633718,76	633,72	650,62	179,35
	Dúplex	LA-180	2	362336,28	362,34	400,20	179,60
	Dúplex	LA-280 HAWK	2	220729,35	220,73	230,16	179,77
Cóndor Internacional	Símplex	LA-330 GULL	1	633718,76	633,72	650,69	179,35
	Dúplex	LA-180	2	362336,28	362,34	400,37	179,60
	Dúplex	LA-280 HAWK	2	220729,35	220,73	230,20	179,77

CAPÍTULO 10 SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA

Este apartado se dedica a las puestas a tierra de cada apoyo requerido para la línea de evacuación proyectada. Se toma como referencia para apartados de esta parte del proyecto lo indicado en el documento *"Instalación puesta a tierra para líneas aéreas de Alta tensión"* [1].

Atendiendo a lo indicado en el apartado 7 de la ITC-LAT-07 se establecen los criterios de diseño, instalación y ensayo del sistema de puesta a tierra de manera que sea eficaz en todas las circunstancias y mantengan las tensiones de paso y contacto dentro de niveles aceptables.

Entre las características a tener en cuenta de la instalación:

- La línea de evacuación dispone de cable de tierra a lo largo de todo su trazado.
- El método de puesta a tierra escogido para la línea de evacuación es de neutro rígido a tierra.
- 21 de los 23 apoyos se consideran no frecuentados al definirse dentro de lugares que no son de acceso público o poco frecuente. Siendo dos apoyos, concretamente el apoyo nº 18 y nº 21, frecuentado, por ello se tendrá especial cuidado en el diseño de su puesta a tierra.

Los requisitos que debe cumplir el sistema de puesta a tierra son:

- Resistencia a los esfuerzos mecánicos y a la corrosión.
- Resistencia térmica de la corriente de falta más elevada determinada.
- Garantizar la seguridad de las personas con respecto a tensiones que aparezcan durante una falta a tierra en los sistemas.
- Proteger de daños a propiedades y equipos y garantizar la fiabilidad de la línea.

Como parámetros relevantes para el diseño de un sistema de puesta a tierra son:

- Valor de la intensidad de defecto
- Duración de la intensidad de defecto
- Característica del terreno
- Extensión, forma y profundidad del circuito de puesta a tierra.

ELEMENTOS DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

Atendiendo a lo establecido en la ITC-LAT-07, en su apartado 7.2, el sistema de puesta a tierra está constituido por varios electrodos de puesta a tierra enterrados en el suelo y por la línea de tierra que conecta dichos electrodos a los elementos.

Como electrodo se disponen picas de tierra verticales hincadas en el terreno mediante herramientas que puedan dañar los mismos. Cómo la instalación de varias picas se realiza en paralelo se dispone una separación mínima entre ellas de 1.5 veces la longitud de la pica. Además, son de materiales capaces de resistir la corrosión. Serán picas de acero con recubrimiento de cobre de 300 micras de espesor, diámetro de 18mm y longitud de 2 metros. Existe también una grapa de conexión entre la pica y el cable de cobre de sección 50 mm^2.

Para el caso de la línea de tierra de conexión, ésta se instala procurando que su recorrido sea lo más corto posible, evitando trazados tortuosos y curvas de poco radio. Se prestará especial atención para evitar la corrosión donde los conductores de las líneas de tierra desnudos entren en el suelo o en el hormigón. El conductor empleado para la línea de tierra tendrá una resistencia adecuada y ofrecerá una elevada resistencia a la corrosión. La sección a utilizar será de cobre de 50 mm^2



Ilustración 20. Imagen de la puesta a tierra de un apoyo tipo Halcón Real

Tensión Nominal	220 kV
Tensión más elevada	245 kV
Frecuencia	50 Hz
Longitud de la línea	6,931 km
Altitud máxima	565,00 m
Categoría de la línea	Especial
Clasificación de la zona	B
Nº apoyos de la línea	23
Nº de circuitos	1
Nº conductores por circuito	1
Nº conductores de tierra	1
Resistividad del terreno	400 Ω/m
Transformador de la subestación	Neutro puesto a tierra

Modelo	LA-280 HAWK
Material	Aluminio-Acero
Sección total	281,1 mm²
Número de alambres	26+7
Diámetro total	21,8 mm
Carga de rotura nominal (σ_r)	8620 kgf
Módulo de elasticidad	7300 daN/mm²
Peso propio	977 kg/km
Coeficiente de dilatación lineal	$18,9 * 10^{-6}$ ºC^{-1}

Modelo	OPGW 24 fibras
Material	Tubo de aluminio con armadura de 10 hilos de acero recubiertos de aluminio
Sección total	147,41 mm^2
Nº de alambres	10 hilos de acero exteriores
Diámetro total	13,70 mm
Carga de rotura nominal	7000 daN
Módulo de elasticidad	11250 daN/mm^2
Peso propio	563 kg/km
Coeficiente de dilatación lineal	14,6 * 10^{-6} ºC^{-1}

Conocidas las características de la línea de evacuación proyectada así como las del conductor de fase y el conductor de guarda se debe proceder en campo a la medición de la resistividad del terreno mediante medición con un telurómetro utilizando el procedimiento Wenner de cuatro electrodos en línea separados por una misma distancia.

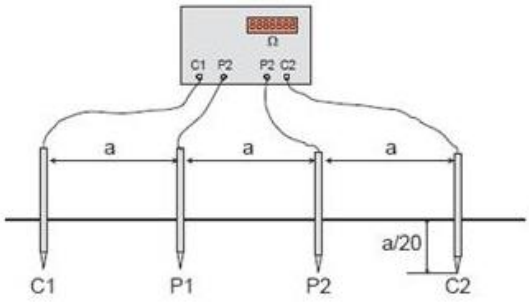


Ilustración 21. Disposición tipo del proceso de medición de la puesta a tierra mediante telurómetro

CÁLCULO DE LA PUESTA A TIERRA DE APOYOS NO FRECUENTADOS

Los apoyos no frecuentados, son los situados en lugares que no son de acceso público o dónde el acceso de personal es poco frecuente. Para el diseño de la puesta a tierra basta con comprobar, realizando una medición en campo, que la resistividad del terreno no supere los 20 Ω/m.

Suponiendo que el neutro del transformador de la subestación está puesto a tierra por una reactancia, Xn = 5,7Ω y conociendo otros parámetros como son 40 MVA de potencia nominal del transformador de la subestación y una tensión de cortocircuito de 10%, se puede calcular la intensidad de defecto como:

$$If = \frac{\sqrt{3} * c * Un}{3 * Zn + 2 * j\frac{Ucc * Un^2}{Snominal} + 3 * R} = \frac{\sqrt{3} * 1.1 * 220000}{3 * 5{,}7j + 2 * j\frac{0{,}1 * 220000^2}{40 * 10^6} + 3 * 200} = 698\ A$$

Siendo,

$$R = \frac{\rho}{Longitud\ línea\ (km)} = \frac{400}{6{,}9} = 57{,}97\ \Omega/km$$

Atendiendo al valor de la intensidad de defecto obtenida, el tiempo de actuación de la protección será de:

$$t = \frac{400}{698} = 0{,}57\ s$$

Al tratarse de apoyos no frecuentados, la única condición del sistema de puesta a tierra es garantizar la actuación de las protecciones. Se considera que un tiempo de disparo inferior a 10 segundos constituye una seguridad suficiente al ser extremadamente improbable que un apoyo no frecuentado pueda tocarse durante este breve tiempo.

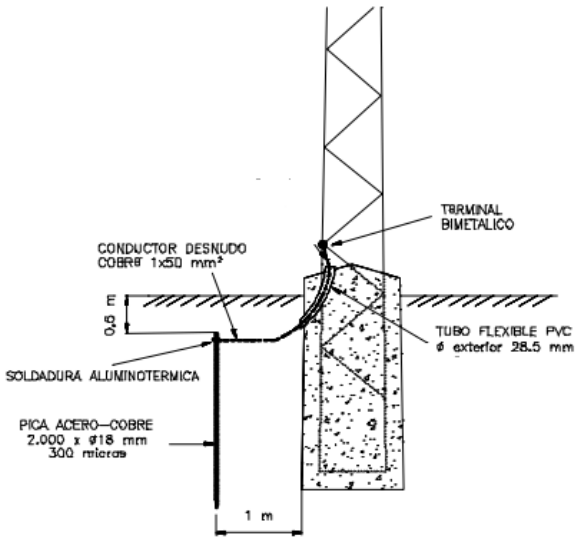


Ilustración 22. Disposición de puesta a tierra de un apoyo tipo Halcón Real, no frecuentado. Referencia Hcenergía

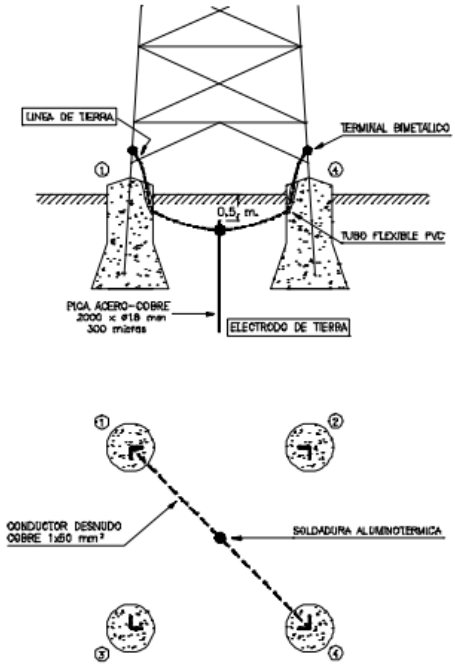
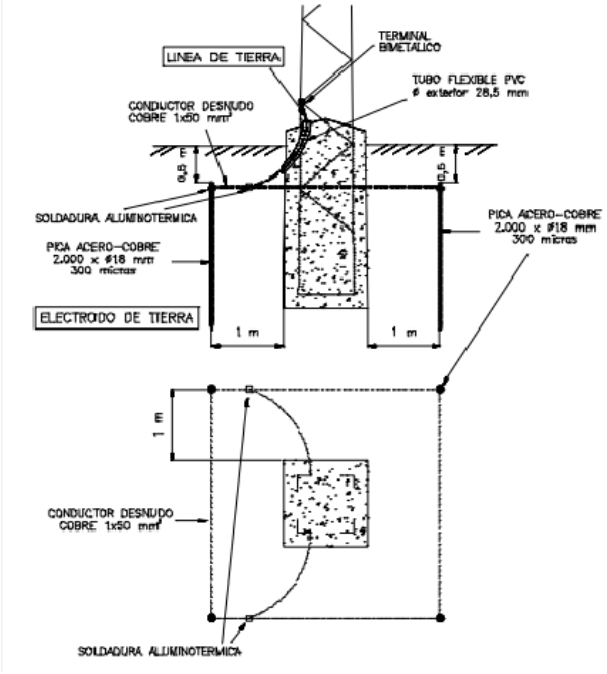


Ilustración 23. Disposición de puesta a tierra de un apoyo tipo Cóndor no frecuentado, Referencia Hcenergía

CÁLCULO DE LA PUESTA A TIERRA DE APOYOS FRECUENTADOS

Teniendo en cuenta lo indicado por la operadora del mercado eléctrico español, REE, la duración máxima de la corriente de falta será de 0,5 segundos siendo, según la tabla 18 de la ITC-LAT-07 en su apartado 7.3.4.1 la Uca, tensión de contacto aplicada, de 204 V.

Para este tipo de apoyos, se realiza un diseño preliminar mediante un electrodo normalizado formado por un conductor enterrado en forma de anillo cuadrado de 3,2 x 3,2 m, con picas en los extremos, situándose el cable desnudo de cobre enterrado a una profundad de 1 metro.



$$R = kr * \rho = 0{,}113 * 400 = 45{,}2\ \Omega$$

Siendo,

Kr la resistencia unitaria aproximada de cada electrodo de puesta a tierra.

Se calcula entonces la intensidad de puesta a tierra de cada apoyo como:

$$If = \frac{1{,}1 * Un}{\sqrt{3} * \sqrt{Xn^2 + R^2}} = \frac{1{,}1 * 220000}{\sqrt{3} * \sqrt{5{,}7^2 + 45{,}2}} = 3066{,}83\ A$$

Atendiendo al valor de la intensidad de defecto obtenida, el tiempo de actuación de la protección será de:

$$t = \frac{400}{3066{,}63} = 0{,}13\ s$$

A partir de la tensión de contacto aplicada se puede calcular la máxima tensión de contacto admisible para la instalación

$$Ucontacto = Uca * \left(1 + \frac{\frac{Ra1}{2} + 1{,}5 * \rho}{1000}\right) = 95 * \left(1 + \frac{1000 + 1{,}5 * 400}{1000}\right) = 152\ V$$

Siendo,

Uca, la tensión de contacto admisible, 95 V

Entonces la máxima tensión de contacto presente en la instalación como:

$$Uc` = kc * \rho\ * If = 0{,}035 * 400 * 3066\ A = 42924\ V.$$

Al no poderse cumplir la necesidad de Uc`< Ucontacto, se requiere de la construcción de una superficie equipotencial bajo el apoyo mediante un mallado soldado eléctricamente y embebido en hormigón, de esta forma se puede considerar la tensión de contacto nula.

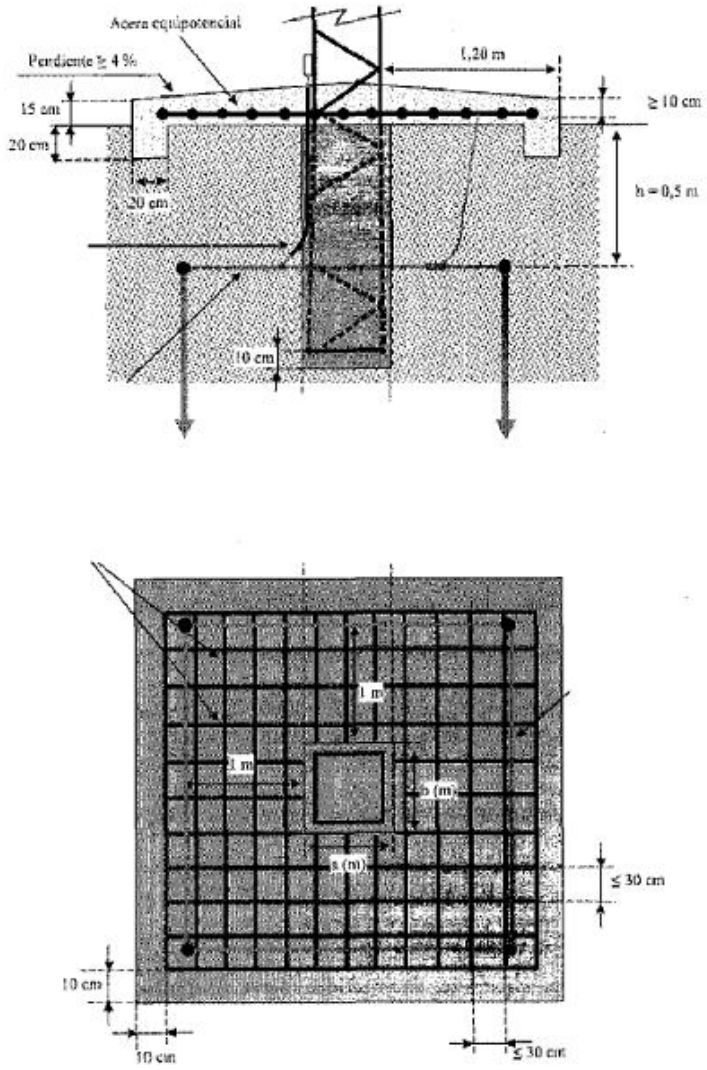


Ilustración 24. Disposición puesta a tierra apoyo frecuentado tipo Halcón real

La tensión de paso aplicada se obtiene de multiplicar por 10 la tensión de contacto aplicada admisible, es decir 950 V.

A partir de la tensión de paso aplicada se puede calcular la máxima tensión de paso admisible.

$$Up = Upa\left[1 + \frac{2 * Ra1 + 6 * \rho}{1000}\right] = 950\left[1 + \frac{2 * 2000 + 6 * 400}{1000}\right] = 7030\,V$$

La tensión de paso de acceso admisible será:

$$Up\ acceso = Upa\left[1 + \frac{2 * Ra1 + 3 * \rho + 3\,\rho hormigón}{1000}\right]$$
$$= 950\left[1 + \frac{2 * 2000 + 3 * 400 + 3 * 3000}{1000}\right] = 14440\,V$$

Considerando que la máxima tensión de paso unitaria encontrada cuando los dos pies están pisando el terreno es de Kp1 = 0,023 V/A*m* Ω; y que la máxima tensión de paso unitaria encontrada al acceder a la plataforma de hormigón sobre la que se sitúa el apoyo será de Kp2 = 0,065 V/A*m* Ω, las máximas tensiones de paso que aparecen en la instalación son:

$$U`p1 = kp1 * \rho * If = 0{,}02 * 400 * 3066 = 28207\,V$$ < U paso

$$U`p2 = kp2 * \rho * If = 0{,}02 * 400 * 3066 = 79716\,V$$ < U p acceso

BIBLIOGRAFÍA

[1] *Instalación puesta a tierra para líneas aéreas de Alta tensión*. (s.f.). Obtenido de Hcenergía: https://www.hcenergia.com/recursos/doc/Colaboradores/Proveedores/Electricidad/Ingenieria/547274875_21200991133.pdf

[2] SectorElectricidad. (19 de mayo de 2015). *Apantallamiento de líneas de transmisión con cable de guarda*. Obtenido de https://www.sectorelectricidad.com/12673/proteccion-ofrecida-por-dos-cables-de-tierra/

Para el cálculo del apartado de puesta a tierra se hace uso del libro "Cálculo y Diseño de líneas eléctricas de Alta Tensión", autores: Pascual SImón Comín, Fernando Garnacho Vecino, Jorge Moreno Mohíno y Alberto González Sanz



OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

Línea de evacuación simple circuito 220 kV
para un parque eólico de 180 MW

Manuel Arjona Carrasco
25/08/2022

2ºA
Máster en Ingeniería Industrial y MBA

Algunos de los principales y más reconocibles objetivos de desarrollo sostenible que pueden considerarse en este proyecto pueden ser:

- Lograr una energía asequible y menos contaminante con la inclusión y desarrollo de nuevas formas de generación que contribuyan a la descarbonización del sistema eléctrico español, como es el caso de la ejecución de un parque eólico. Sin olvidar la contribución que este proyecto implicaría al desarrollo de nuevos puntos de generación distribuida.
- La configuración de la línea se realizará para lograr la mínima afección medioambiental y respetando, en la medida de lo posible, la convivencia con el entorno y cultivos existentes en su trazado.
- Por último y no menos importante, se debe prestar especial atención a la vida de ecosistemas terrestres. Consideración a tener en cuenta, principalmente en el desarrollo del trazado que seguirá la línea de evacuación planteada, a la hora de conocer y situar todas aquellas zonas de especial protección: zonas para fauna y flora, zonas ZEPA, reservas de la biosfera entre otras afecciones existentes, según se establezca y atendiendo a la región geográfica decidida para el proyecto, con el fin de minimizar el impacto medioambiental de la infraestructura sobre espacios naturales protegidos.
  Para ello, se hace necesario hacer un correcto diseño del trazado de la línea teniendo como referencia las zonas de especial cuidado.

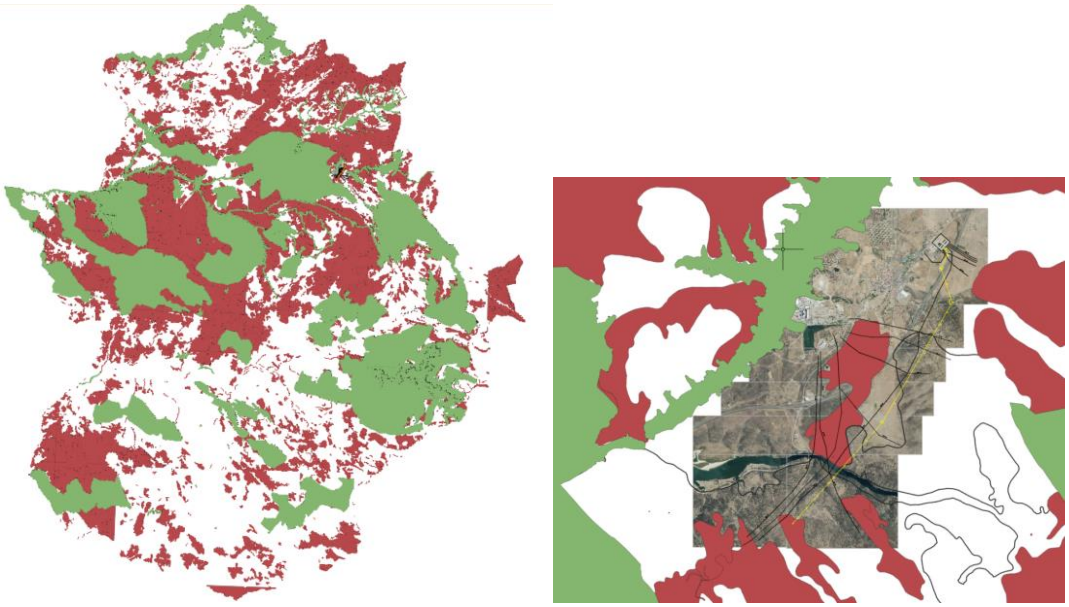


Ilustración. Zonas ZEPA y de especial cuidado de hábitat naturales del territorio de Extremadura



PLANOS

Línea de evacuación simple circuito 220 kV para un parque eólico de 180 MW

Manuel Arjona Carrasco
25/08/2022

2ºA
Máster en Ingeniería Industrial y MBA

Índice

1. Plano de situación
2. Plano 1 de perfil
3. Plano 2 de perfil
4. Plano 3 de perfil
5. Plano 4 de perfil
6. Plano cadena de aisladores de suspensión
7. Plano cadena de aisladores de amarre
8. Plano 1 cruzamiento línea 166 Kv
9. Plano 2 cruzamiento autovía E-90, A-5



	NOMBRE	FECHA	PLANO DE : Emplazamiento
DIBUJADO	Manuel Arjona Carrasco	01/08/22	
COMPROBADO	Pablo Mercado Bautista		
ESCALA: Sin escalar	FIRMA:		I.C.A.I.

Cond. F: LA-280 240-AL1/39-ST1A		
Apoyo 1 - Apoyo 2		
Temp.	Tens.	Flecha
-5 °C	1.511 Kg	14, 19m
0 °C	1.462 Kg	15, 03m
5 °C	1.463 Kg	15, 25m
10 °C	1.447 Kg	15, 48m
15 °C	1.427 Kg	15, 7m
20 °C	1.407 Kg	15, 93m
25 °C	1.387 Kg	16, 15m
30 °C	1.368 Kg	16, 37m
40 °C	1.331 Kg	16, 81m
45 °C	1.312 Kg	17, 03m
85 °C	1.201 Kg	18, 67m

Cond. P1: OPGW-24 CONCO		
Apoyo 1 - Apoyo 2		
Temp.	Tens.	Flecha
-5 °C	1.601 Kg	9, 78m
0 °C	1.561 Kg	10, 03m
5 °C	1.522 Kg	10, 29m
10 °C	1.483 Kg	10, 54m
15 °C	1.443 Kg	10, 8m
20 °C	1.404 Kg	11, 06m
25 °C	1.365 Kg	11, 32m
30 °C	1.326 Kg	11, 58m
40 °C	1.249 Kg	12, 11m
45 °C	1.211 Kg	12, 38m
85 °C	1.177 Kg	12, 23m

Cond. F: LA-280 240-AL1/39-ST1A		
Apoyo 2 - Apoyo 3		
Temp.	Tens.	Flecha
-5 °C	1.511 Kg	8, 07m
0 °C	1.463 Kg	8, 23m
5 °C	1.463 Kg	8, 39m
10 °C	1.441 Kg	8, 54m
15 °C	1.421 Kg	8, 64m
20 °C	1.401 Kg	8, 79m
25 °C	1.381 Kg	8, 91m
30 °C	1.361 Kg	10, 03m
35 °C	1.35 Kg	10, 18m
40 °C	1.313 Kg	10, 32m
45 °C	1.311 Kg	10, 46m
85 °C	1.20 Kg	11, 46m

Cond. P1: OPGW-24 CONCO		
Apoyo 2 - Apoyo 3		
Temp.	Tens.	Flecha
-5 °C	1.601 Kg	6, 01m
0 °C	1.563 Kg	6, 16m
5 °C	1.524 Kg	6, 3m
10 °C	1.484 Kg	6, 45m
15 °C	1.445 Kg	6, 59m
20 °C	1.406 Kg	6, 74m
25 °C	1.366 Kg	6, 89m
30 °C	1.717 Kg	7, 03m
35 °C	1.404 Kg	7, 18m
40 °C	1.319 Kg	7, 29m
50 °C	1.274 Kg	7, 59m

Cond. F: LA-280 240-AL1/39-ST1A		
Apoyo 3 - Apoyo 4		
Temp.	Tens.	Flecha
0 °C	15.22Kg	11, 38m
5 °C	14.97Kg	11, 59m
10 °C	14.73Kg	11, 78m
15 °C	14.93Kg	11, 97m
20 °C	14.27Kg	12, 15m
25 °C	14.06Kg	12, 34m
35 °C	13.66Kg	12, 54m
40 °C	13.46Kg	12, 7m
45 °C	13.47Kg	12, 89m
50 °C	13.29Kg	13, 06m
85 °C	13.11Kg	13, 24m
90 °C	11.90Kg	14, 59m

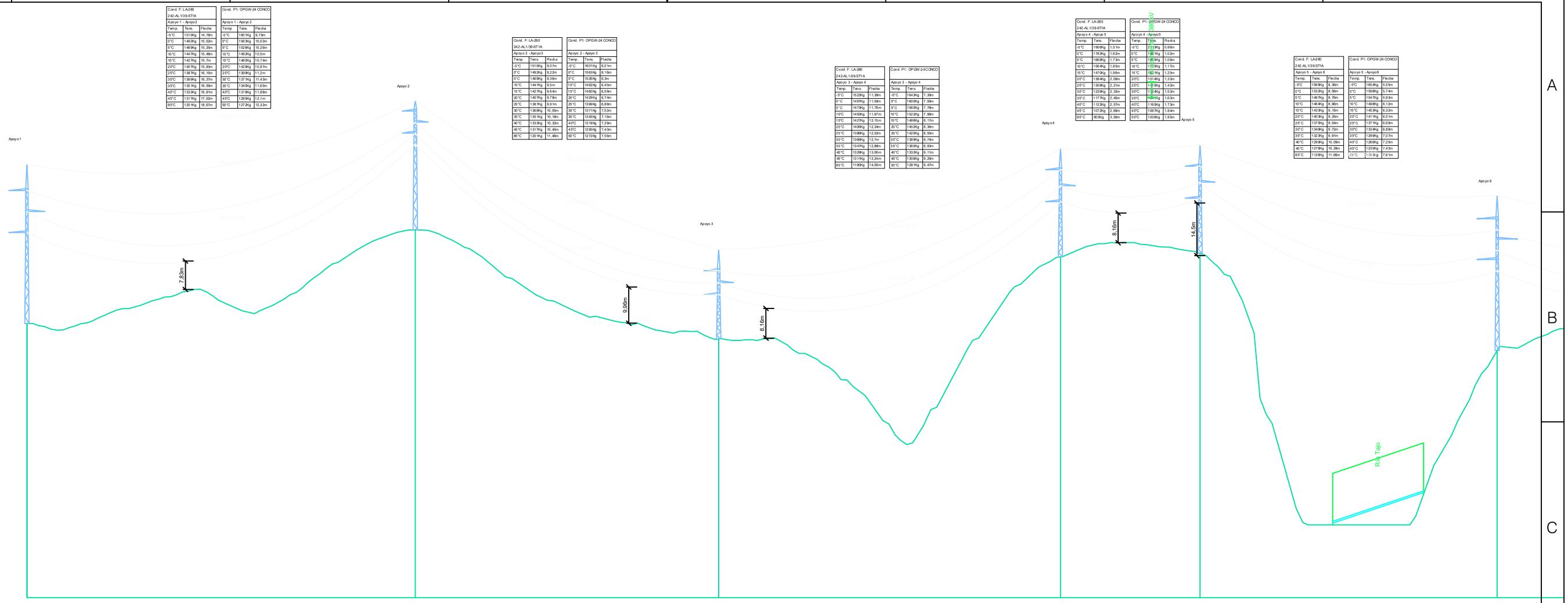
Cond. P1: OPGW-24 CONCO		
Apoyo 3 - Apoyo 4		
Temp.	Tens.	Flecha
-5 °C	1.64 Kg	7, 39m
0 °C	1.603 Kg	7, 59m
5 °C	1.563 Kg	7, 78m
10 °C	1.523 Kg	7, 98m
15 °C	1.483 Kg	8, 17m
20 °C	1.45 Kg	8, 36m
25 °C	1.423 Kg	8, 55m
30 °C	1.383 Kg	8, 74m
31 °C	1.363 Kg	8, 93m
40 °C	1.323 Kg	9, 11m
45 °C	1.303 Kg	9, 29m
50 °C	1.28 Kg	9, 47m

Cond. F: LA-280 240-AL1/39-ST1A		
Apoyo 4 - Apoyo 5		
Temp.	Tens.	Flecha
-5 °C	1.901 Kg	1, 51m
0 °C	1.783 Kg	1, 62m
5 °C	1.663 Kg	1, 73m
10 °C	1.96 Kg	1, 83m
15 °C	1.617 Kg	1, 94m
20 °C	1.38 Kg	2, 04m
25 °C	1.303 Kg	2, 21m
30 °C	1.233 Kg	2, 33m
35 °C	1.17 Kg	2, 45m
40 °C	1.12 Kg	2, 57m
45 °C	1.07 Kg	2, 69m
85 °C	80 Kg	3, 59m

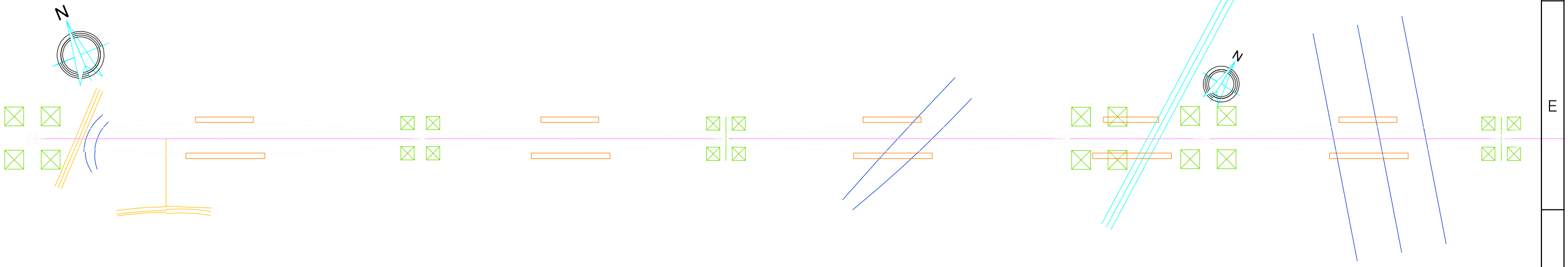
Cond. P1: OPGW-24 CONCO		
Apoyo 4 - Apoyo 5		
Temp.	Tens.	Flecha
-5 °C	1.21 Kg	0, 99m
0 °C	1.88 Kg	1, 02m
5 °C	1.85 Kg	1, 09m
10 °C	1.25 Kg	1, 11m
15 °C	1.62 Kg	1, 21m
20 °C	1.61 Kg	1, 33m
25 °C	1.58 Kg	1, 43m
30 °C	1.54 Kg	1, 53m
35 °C	1.51 Kg	1, 63m
40 °C	1.16 Kg	1, 73m
45 °C	1.09 Kg	1, 84m
50 °C	1.03 Kg	1, 93m

Cond. F: LA-280 240-AL1/39-ST1A		
Apoyo 5 - Apoyo 6		
Temp.	Tens.	Flecha
-5 °C	1.66 Kg	5, 59m
0 °C	1.59 Kg	5, 74m
5 °C	1.54 Kg	5, 91m
10 °C	1.48 Kg	6, 13m
15 °C	1.43 Kg	6, 33m
20 °C	1.41 Kg	6, 51m
25 °C	1.37 Kg	6, 69m
30 °C	1.33 Kg	6, 89m
35 °C	1.29 Kg	7, 07m
40 °C	1.26 Kg	7, 25m
45 °C	1.23 Kg	7, 43m
21 °C	1.33 Kg	7, 61m

Cond. P1: OPGW-24 CONCO		
Apoyo 5 - Apoyo 6		
Temp.	Tens.	Flecha
-5 °C	1.66 Kg	5, 59m
0 °C	1.59 Kg	5, 74m
5 °C	1.54 Kg	5, 91m
10 °C	1.48 Kg	6, 13m
15 °C	1.43 Kg	6, 33m
20 °C	1.41 Kg	6, 51m
25 °C	1.37 Kg	6, 69m
30 °C	1.33 Kg	6, 89m
35 °C	1.29 Kg	7, 07m
40 °C	1.26 Kg	7, 25m
45 °C	1.23 Kg	7, 43m
21 °C	1.33 Kg	7, 61m



P.C.: 449.61 m											
Nº Apoyos / Longitud Vanos (m)	1	427.59	2	334.12	3	376.23	4	153.74	5	327.16	6
Cota Terreno (m)	525.00		550.79		520.76		543.33		544.27		517.62
Distancia Parcial (m)	0.00		427.59		334.12		376.23		153.74		327.16
Distancia Origen (m)	0.00		427.59		761.70		1137.93		1291.67		1618.82
Función de Apoyo	FL		AL_SU		AL_AM		AL_ANC		AL_ANC		AL_SU
Serie Apoyo	IC-55000-25		HAR-7000-29		CO-9000-12		CO-12000-15		CO-12000-15		GCO-40000-25
Armado (m)	b=5,8/a=5/c=5/h=7,2		b=3/a=3,6/c=3,6/h=3		b=3,3/a=4,1/c=4,1/h=5,9		b=4,4/a=4,1/c=4,1/h=5,9		b=4,4/a=4,1/c=4,1/h=5,9		b=5,6/a=5,6/c=5,6/h=6,5
Altura Útil Cruceta Inferior (m)	25		26,62 (Normal/K=12)		12,2		15,2		15,2		25
Tipo de cimentación	Tetrabloque (Cuadrada recta)		Monobloque		Tetrabloque (Cuadrada recta)		Tetrabloque (Cuadrada recta)		Tetrabloque (Cuadrada recta)		Tetrabloque (Cuadrada recta)
Datos Cimentación (m)	a=2,7/d=0,95		a=2,56/h=2,63		a=1,05/d=0,45		a=1,25/d=2,75		a=1,25/d=0,75		a=2,15/d=0,6



	NOMBRE	FECHA	
DIBUJADO	Manuel Arjona Carrasco	01/08/22	Plano 1 de Perfil
COMPROBADO	Pablo Mercado Bautista		
ESCALA: Sin escalar	FIRMA:		I.C.A.I.

Cond: F: LA-280	
242-AL1/39-ST1A	
Apoyo 6 - Apoyo 7	
Temp.	Tens.	Flecha
-5°C	1361Kg	6,83m
0°C	1322Kg	6,99m
5°C	1283Kg	7,15m
10°C	1246Kg	7,31m
15°C	1402Kg	7,41m
20°C	1403Kg	7,62m
25°C	1371Kg	7,79m
30°C	1343Kg	7,93m
35°C	1323Kg	8,09m
40°C	1295Kg	8,24m
45°C	1275Kg	8,39m
50°C	1258Kg	9,51m

Cond: P1: OPGW-24 CONCO	
Apoyo 6 - Apoyo 7	
Temp.	Tens.	Flecha
-5°C	1656Kg	4,53m
0°C	1618Kg	4,69m
5°C	1647Kg	4,84m
10°C	1408Kg	5m
15°C	1453Kg	5,15m
20°C	1411Kg	5,31m
25°C	1377Kg	5,46m
30°C	1334Kg	5,61m
35°C	1298Kg	5,77m
40°C	1268Kg	5,92m
45°C	1239Kg	6,09m
50°C	1210Kg	6,21m

Cond: F: LA-280	
242-AL1/39-ST1A	
Apoyo 7 - Apoyo 8	
Temp.	Tens.	Flecha
-5°C	1548Kg	9,9m
0°C	1532Kg	10,14m
5°C	1497Kg	10,36m
10°C	1456Kg	10,61m
15°C	1433Kg	10,84m
20°C	1403Kg	11,07m
25°C	1375Kg	11,3m
30°C	1348Kg	11,52m
35°C	1323Kg	11,74m
40°C	1299Kg	11,96m
45°C	1276Kg	12,17m
50°C	1126Kg	13,81m

Cond: P1: OPGW-24 CONCO	
Apoyo 7 - Apoyo 8	
Temp.	Tens.	Flecha
-5°C	1654Kg	6,57m
0°C	1596Kg	6,8m
5°C	1546Kg	7,03m
10°C	1498Kg	7,25m
15°C	1453Kg	7,49m
20°C	1411Kg	7,7m
25°C	1371Kg	7,93m
30°C	1334Kg	8,15m
35°C	1298Kg	8,37m
40°C	1266Kg	8,59m
45°C	1235Kg	8,8m
50°C	1210Kg	9,03m

Cond: F: LA-280	
242-AL1/39-ST1A	
Apoyo 8 - Apoyo 9	
Temp.	Tens.	Flecha
-5°C	1548Kg	4,43m
0°C	1532Kg	4,53m
5°C	1497Kg	4,64m
10°C	1456Kg	4,74m
15°C	1433Kg	4,84m
20°C	1403Kg	4,95m
25°C	1375Kg	5,07m
30°C	1348Kg	5,19m
35°C	1323Kg	5,24m
40°C	1299Kg	5,34m
45°C	1276Kg	5,44m
50°C	1126Kg	6,11m

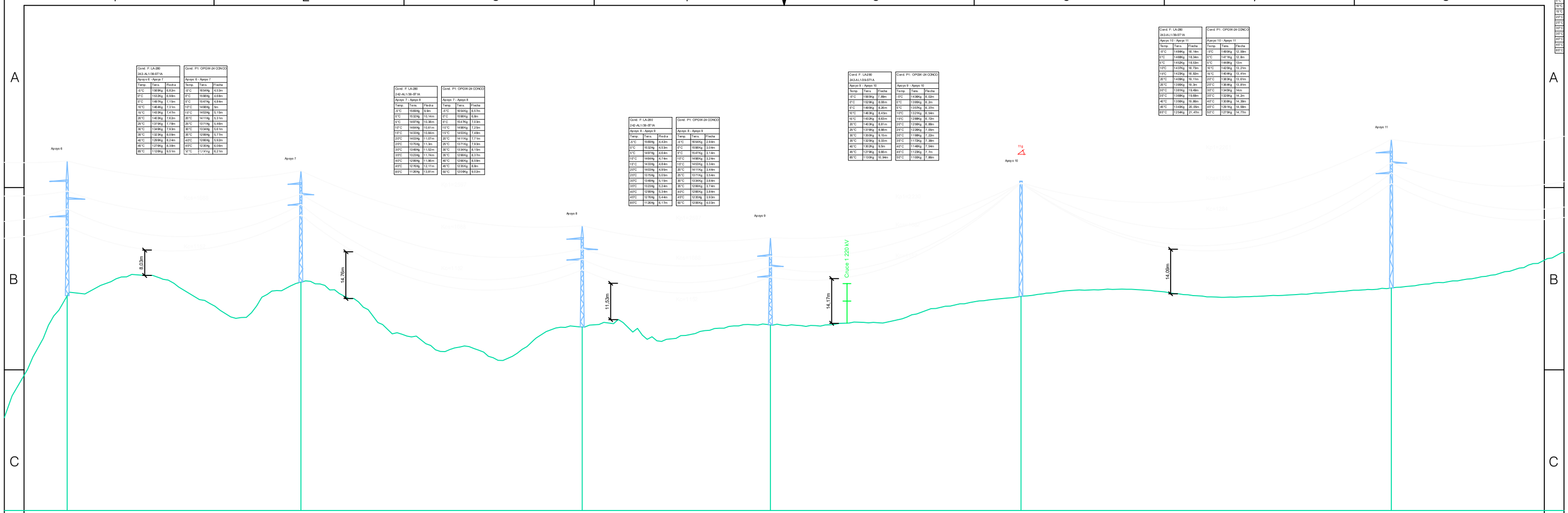
Cond: P1: OPGW-24 CONCO	
Apoyo 8 - Apoyo 9	
Temp.	Tens.	Flecha
-5°C	1654Kg	2,94m
0°C	1596Kg	3,04m
5°C	1546Kg	3,14m
10°C	1498Kg	3,24m
15°C	1453Kg	3,34m
20°C	1411Kg	3,44m
25°C	1371Kg	3,54m
30°C	1334Kg	3,64m
35°C	1298Kg	3,74m
40°C	1266Kg	3,84m
45°C	1235Kg	3,93m
50°C	1210Kg	4,03m

Cond: F: LA280	
242-AL1/39-ST1A	
Apoyo 9 - Apoyo 10	
Temp.	Tens.	Flecha
-5°C	1529Kg	6,08m
0°C	1493Kg	6,26m
5°C	1457Kg	6,43m
10°C	1423Kg	6,63m
15°C	1403Kg	6,81m
20°C	1371Kg	6,98m
25°C	1339Kg	7,15m
30°C	1309Kg	7,33m
35°C	1281Kg	7,51m
40°C	1253Kg	7,69m
45°C	1227Kg	7,86m
50°C	1203Kg	8,02m

Cond: P1: OPGW-24 CONCO	
Apoyo 9 - Apoyo 10	
Temp.	Tens.	Flecha
-5°C	1496Kg	6,02m
0°C	1399Kg	6,2m
5°C	1337Kg	6,37m
10°C	1337Kg	6,54m
15°C	1289Kg	6,72m
20°C	1249Kg	6,89m
25°C	1213Kg	7,05m
30°C	1180Kg	7,22m
35°C	1150Kg	7,39m
40°C	1149Kg	7,54m
45°C	1123Kg	7,7m
50°C	1100Kg	7,86m

Cond: F: LA-280	
242-AL1/39-ST1A	
Apoyo 10 - Apoyo 11	
Temp.	Tens.	Flecha
-5°C	1548Kg	16,14m
0°C	1498Kg	16,34m
5°C	1452Kg	16,53m
10°C	1429Kg	16,73m
15°C	1423Kg	16,92m
20°C	1439Kg	16,11m
25°C	1399Kg	19,3m
30°C	1381Kg	19,49m
35°C	1398Kg	19,68m
40°C	1399Kg	19,86m
45°C	1349Kg	20,05m
50°C	1294Kg	21,49m

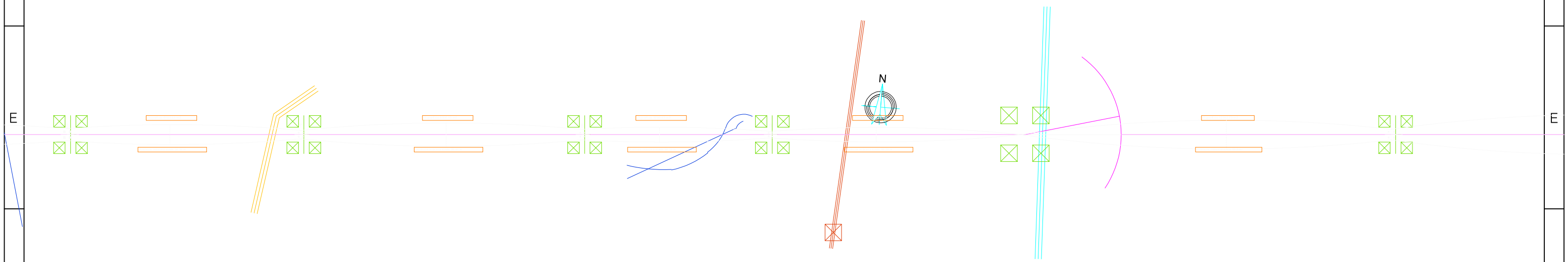
Cond: P1: OPGW-24 CONCO	
Apoyo 10 - Apoyo 11	
Temp.	Tens.	Flecha
-5°C	1463Kg	12,39m
0°C	1411Kg	12,8m
5°C	1446Kg	13m
10°C	1429Kg	13,21m
15°C	1404Kg	13,41m
20°C	1383Kg	13,61m
25°C	1364Kg	13,81m
30°C	1345Kg	14m
35°C	1329Kg	14,2m
40°C	1309Kg	14,38m
45°C	1291Kg	14,58m
50°C	1273Kg	14,77m



6	295.83	7	356.18
517.62		521.92	
327.16		295.83	
1618.82		1914.66	
AL_SU		AL_SU	
GCO-40000-25		CO-5000-24	
b=5,8/a=5,6/c=5,6/h=6,5		b=3,3/a=4,1/c=4,1/h=4,3	
25		24,4	
Tetrabloque (Cuadrada recta)		Tetrabloque (Cuadrada recta)	
a=2,15H+3,6		a=0,95H+2,35	

8	238.31	9	317.24
507.74		508.37	
356.18		238.31	
2270.83		2509.15	
AL_SU		AL_AM	
CO-5000-21		CO-9000-15	
b=3,3/a=4,9/c=4,9/h=4,3		b=3,3/a=4,1/c=4,1/h=5,9	
21,2		15,2	
Tetrabloque (Cuadrada recta)		Tetrabloque (Cuadrada recta)	
a=0,95H+2,35		a=1,1/H+2,45	

10	468.97	11	
517.41		520.10	
317.24		468.97	
2826.39		3295.35	
AN_AM (11g)		AL_SU	
---		CO-7000-36	
b=----/g=----/c=----		b=3,3/a=4,9/c=4,9/h=4,3	
---		36,2	
Tetrabloque (Cuadrada recta)		Tetrabloque (Cuadrada recta)	
a=----/h=----/H=----/b=---		a=1,2/H+2,85	



	NOMBRE	FECHA	
DIBUJADO	Manuel Arjona Carrasco	01/08/22	Plano 2 de Perfil
COMPROBADO	Pablo Mercado Bautista		
ESCALA: Sin escalar	FIRMA:		I.C.A.I.

Cond: F: LA-280 242-AL1/39-ST1A	
Apoyo 12 - Apoyo 13	
Temp.	Tens.	Flecha
-5°C	1434Kg	18,72m
0°C	1408Kg	19,34m
5°C	1452Kg	19,14m
10°C	1437Kg	19,34m
15°C	1422Kg	19,54m
20°C	1405Kg	19,74m
25°C	1390Kg	19,93m
30°C	1391Kg	20, 13m
35°C	1368Kg	20, 32m
40°C	1356Kg	20,51m
45°C	1343Kg	20, 7m
85°C	1234Kg	22, 19m

Cond: P1: OPGW-24 CONCO	
Apoyo 12 - Apoyo 13	
Temp.	Tens.	Flecha
-5°C	1499Kg	13m
0°C	1479Kg	13,22m
5°C	1458Kg	13,43m
10°C	1439Kg	13,64m
15°C	1419Kg	13,85m
20°C	1383Kg	14,05m
25°C	1364Kg	14,26m
30°C	1345Kg	14,46m
35°C	1326Kg	14,66m
40°C	1308Kg	14,86m
45°C	1289Kg	15,06m
85°C	1127Kg	16,75m

Cond: F: LA-280 242-AL1/39-ST1A	
Apoyo 13 - Apoyo 14	
Temp.	Tens.	Flecha
-5°C	1484Kg	3,59m
0°C	1463Kg	3,69m
5°C	1453Kg	3,63m
10°C	1437Kg	3,71m
15°C	1423Kg	3,77m
20°C	1409Kg	3,77m
25°C	1395Kg	3,78m
30°C	1381Kg	3,83m
40°C	1356Kg	3,89m
45°C	1343Kg	3,93m
85°C	1254Kg	4,21m

Cond: P1: OPGW-24 CONCO	
Apoyo 13 - Apoyo 14	
Temp.	Tens.	Flecha
-5°C	1499Kg	2,47m
0°C	1477Kg	2,51m
5°C	1454Kg	2,59m
10°C	1429Kg	2,59m
15°C	1406Kg	2,63m
20°C	1381Kg	2,67m
25°C	1354Kg	2,71m
30°C	1331Kg	2,78m
40°C	1303Kg	2,82m
45°C	1281Kg	2,89m
85°C	1127Kg	2,9m

Cond: F: LA-280 242-AL1/39-ST1A	
Apoyo 14 - Apoyo 15	
Temp.	Tens.	Flecha
-5°C	1493Kg	4,9m
0°C	1506Kg	5,07m
5°C	1533Kg	5,24m
10°C	1481Kg	5,41m
15°C	1447Kg	5,58m
20°C	1409Kg	5,74m
25°C	1361Kg	5,91m
30°C	1327Kg	6,07m
35°C	1291Kg	6,23m
40°C	1253Kg	6,39m
45°C	1223Kg	6,54m
85°C	1000Kg	7,7m

Cond: P1: OPGW-24 CONCO	
Apoyo 14 - Apoyo 15	
Temp.	Tens.	Flecha
-5°C	1643Kg	2,83m
0°C	1616Kg	3,03m
5°C	1772Kg	3,1 9m
10°C	1693Kg	3,33m
15°C	1637Kg	3,47m
20°C	1552Kg	3,62m
25°C	1488Kg	3,78m
30°C	1431Kg	3,93m
35°C	1377Kg	4,09m
40°C	1327Kg	4,24m
45°C	1281Kg	4,39m
85°C	1236Kg	4,54m

Cond: F: LA-280 242-AL1/39-ST1A	
Apoyo 15 - Apoyo 16	
Temp.	Tens.	Flecha
-5 °C	1519Kg	15,29m
0°C	1494Kg	15,49m
5°C	1479Kg	15,74m
10°C	1448Kg	15,99m
15°C	1427Kg	16,23m
20°C	1409Kg	16,46m
25°C	1391Kg	16,7m
30°C	1368Kg	16,93m
35°C	1346Kg	17,16m
40°C	1330Kg	17,39m
45°C	1319Kg	17,62m
85°C	1195Kg	19,39m

Cond: P1: OPGW-24 CONCO	
Apoyo 15 - Apoyo16	
Temp.	Tens.	Flecha
-5°C	1633Kg	10,1m
0°C	1594Kg	10,39m
5°C	1572Kg	10,6m
10°C	1493Kg	10,85m
15°C	1419Kg	11,1m
20°C	1423Kg	11,39m
25°C	1355Kg	11,59m
30°C	1318Kg	11,83m
35°C	1342Kg	12,07m
40°C	1319Kg	12,3m
45°C	1283Kg	12,54m
85 °C	1216Kg	12,77m

Cond: F: LA-280 242-AL1/39-ST1A	
Apoyo 16 - Apoyo 17	
Temp.	Tens.	Flecha
-5°C	1613Kg	4,67m
0°C	1564Kg	4,76m
5°C	1527Kg	4,9m
10°C	1492Kg	5,01m
15°C	1459Kg	5,12m
20°C	1427Kg	5,24m
25°C	1397Kg	5,35m
30°C	1363Kg	5,47m
35°C	1342Kg	5,58m
40°C	1318Kg	5,69m
45°C	1293Kg	5,75m
85°C	1100Kg	5,9m

Cond: P1: OPGW-24 CONCO	
Apoyo 16 - Apoyo 17	
Temp.	Tens.	Flecha
-5°C	1583Kg	4,81m
0°C	1539Kg	4,43m
5°C	1512Kg	4,9m
10°C	1492Kg	5,01m
15°C	1459Kg	5,12m
20°C	1427Kg	5,24m
25°C	1397Kg	5,35m
30°C	1363Kg	5,47m
35°C	1342Kg	5,58m
40°C	1318Kg	5,69m
45°C	1293Kg	5,75m
85°C	1100Kg	5,9m

Cond: F: LA-280 242-AL1/39-ST1A	
Apoyo 17 - Apoyo 18	
Temp.	Tens.	Flecha
-5°C	1693Kg	2,41m
0°C	1693Kg	2,54m
5°C	1793Kg	2,67m
10°C	1712Kg	2,8m
15°C	1651Kg	2,94m
20°C	1591Kg	3,08m
25°C	1481Kg	3,23m
30°C	1421Kg	3,37m
35°C	1361Kg	3,52m
40°C	1301Kg	3,67m
45°C	1239Kg	3,82m
85°C	1215Kg	3,96m

Cond: P1: OPGW-24 CONCO	
Apoyo 17 - Apoyo 18	
Temp.	Tens.	Flecha
-5°C	1693Kg	4,1m
0°C	1693Kg	4,26m
5°C	1793Kg	4,43m
10°C	1712Kg	4,59m
15°C	1651Kg	4,75m
20°C	1591Kg	4,91m
25°C	1481Kg	5,07m
30°C	1421Kg	5,22m
35°C	1361Kg	5,38m
40°C	1301Kg	5,53m
45°C	1239Kg	5,68m
85°C	1215Kg	5,81m

Apoyo 12

Apoyo 13

Apoyo 14

Apoyo 15

Apoyo 16

Apoyo 17

Apoyo 18

Cruce 2 220 kV

Cruce 1 66 kV

CC-144

9,8m

8,01m

7,02m

17,57m

7,46m

7,58m

40g

12	476.56	13	207.81	14	256.25	15	434.95	16	294.74	17	235.94	18
568.69		573.39		569.65		547.03		547.72		596.87		55
534.33		476.56		207.81		256.25		434.95		294.74		23
3829.69		4306.25		4514.06		4770.31		5205.26		5500.00		57
AL_SU		AL_SU		AL_ANC		AL_AM		AL_SU		AL_AM		AM
CO-7000-27		CO-5000-15		CO-12000-15		CO-9000-24		GCO-40000-35		CO-9000-12		...
b=3,3/a=4,3/c=4; 3/h=4,3		b=3,3/a=4,6/c=4,6/h=4,3		b=4,4/a=4,1/c=4;1/h=5,9		b=3,3/a=4,1/c=4,1/h=5,9		b=5,6/a=5,6/c=5,6/h=6,5		b=3,3/a=4,1/c=4, 1/h=5,9		b=
27,2		15,2		15,2		24,4		35		12,2		...
Tetrabloque (Cuadrada recta)		Tetrabloque (Cuadrada recta)		Tetrabloque (Cuadrada recta)		Tetrabloque (Cuadrada recta)		Tetrabloque (Cuadrada recta)		Tetrabloque (Cuadrada recta)		Tet
a=1,15/h=2,65		a=0,9/h=2,25		a=1,25/h=2,25		a=1,15/d=2,6		a=2,28/h=4,9		a=1,08/h=2,45		a=

	NOMBRE	FECHA	
DIBUJADO	Manuel Arjona Carrasco	01/08/22	Plano 3 de Perfil
COMPROBADO	Pablo Mercado Bautista		
ESCALA: Sin escalar	FIRMA:		I.C.A.I.

Cond: F: LA-280 242-AL1/39-ST1A	
Apoyo 17 - Apoyo 18	
Temp.	Tens.	Flecha
-5°C	1675Kg	4,1m
0°C	1610Kg	4,26m
5°C	1550Kg	4,42m
10°C	1495Kg	4,59m
15°C	1444Kg	4,75m
20°C	1397Kg	4,91m
25°C	1354Kg	5,07m
30°C	1313Kg	5,22m
35°C	1279Kg	5,36m
40°C	1246Kg	5,50m
45°C	1217Kg	5,68m
50°C	1007Kg	6,81m

Cond: P1: OPGW-24 CONCO	
Apoyo 17 - Apoyo 18	
Temp.	Tens.	Flecha
-5°C	1993Kg	2,41m
0°C	1930Kg	2,49m
5°C	1799Kg	2,65m
10°C	1713Kg	2,81m
15°C	1639Kg	2,94m
20°C	1559Kg	3,08m
25°C	1487Kg	3,23m
30°C	1423Kg	3,37m
35°C	1369Kg	3,52m
40°C	1319Kg	3,67m
45°C	1278Kg	3,82m
50°C	1234Kg	3,96m

Cond: F: LA-280 242-AL1/39-ST1A	
Apoyo 18 - Apoyo 19	
Temp.	Tens.	Redia
-5 °C	1704Kg	4,6 m
0 °C	1631Kg	4,8 m
5 °C	1565Kg	5,03m
10°C	1504Kg	5,23m
15°C	1447Kg	5,43m
20°C	1396Kg	5,63m
25°C	1348Kg	5,83m
30°C	1304Kg	6,03m
35°C	1263Kg	6,23m
40°C	1225Kg	6,41m
45°C	1190Kg	6,6m
50°C	979Kg	8,03m

Cond: P1: OPGW-24 CONCO	
Apoyo 18 - Apoyo 19	
Temp.	Tens.	Flecha
-5 °C	2323Kg	2,72m
0°C	1916Kg	2,87m
5°C	1816Kg	3,02m
10°C	1726Kg	3,19m
15°C	1639Kg	3,33m
20°C	1559Kg	3,53m
25°C	1484Kg	3,7m
30°C	1416Kg	3,89m
35°C	1352Kg	4,09m
40°C	1294Kg	4,29m
45°C	1241Kg	4,43m
50°C	1192Kg	4,61m

Cond: F: LA-280 242-AL1/39-ST1A	
Apoyo 19 - Apoyo 20	
Temp.	Tens.	Redia
-5°C	1704Kg	1,88m
0°C	1631Kg	1,97m
5°C	1565Kg	2,01m
10°C	1504Kg	2,13m
15°C	1447Kg	2,23m
20°C	1396Kg	2,3m
25°C	1348Kg	2,39m
30°C	1304Kg	2,49m
35°C	1263Kg	2,54m
40°C	1225Kg	2,63m
45°C	1190Kg	2,7m
50°C	979Kg	3,28m

Cond: P1: OPGW-24 CONCO	
Apoyo 19 - Apoyo 20	
Temp.	Tens.	Flecha
-5°C	2323Kg	1,11m
0°C	1916Kg	1,17m
5°C	1816Kg	1,24m
10°C	1726Kg	1,33m
15°C	1639Kg	1,42m
20°C	1559Kg	1,51m
25°C	1484Kg	1,59m
30°C	1416Kg	1,69m
35°C	1352Kg	1,74m
40°C	1294Kg	1,81m
45°C	1241Kg	1,89m
50°C	1192Kg	1,98m

Cond: F: LA-280 242-AL1/39-ST1A	
Apoyo 20 - Apoyo 21	
Temp.	Tens.	Flecha
-5°C	1553Kg	6,73m
0°C	1519Kg	6,91m
5°C	1409Kg	7,45m
10°C	1313Kg	7,99m
15°C	1401Kg	8,19m
20°C	1341Kg	8,49m
25°C	1323Kg	8,86m
30°C	1287Kg	9,03m
35°C	1253Kg	9,19m
40°C	1221Kg	9,35m
45°C	1192Kg	10,49m

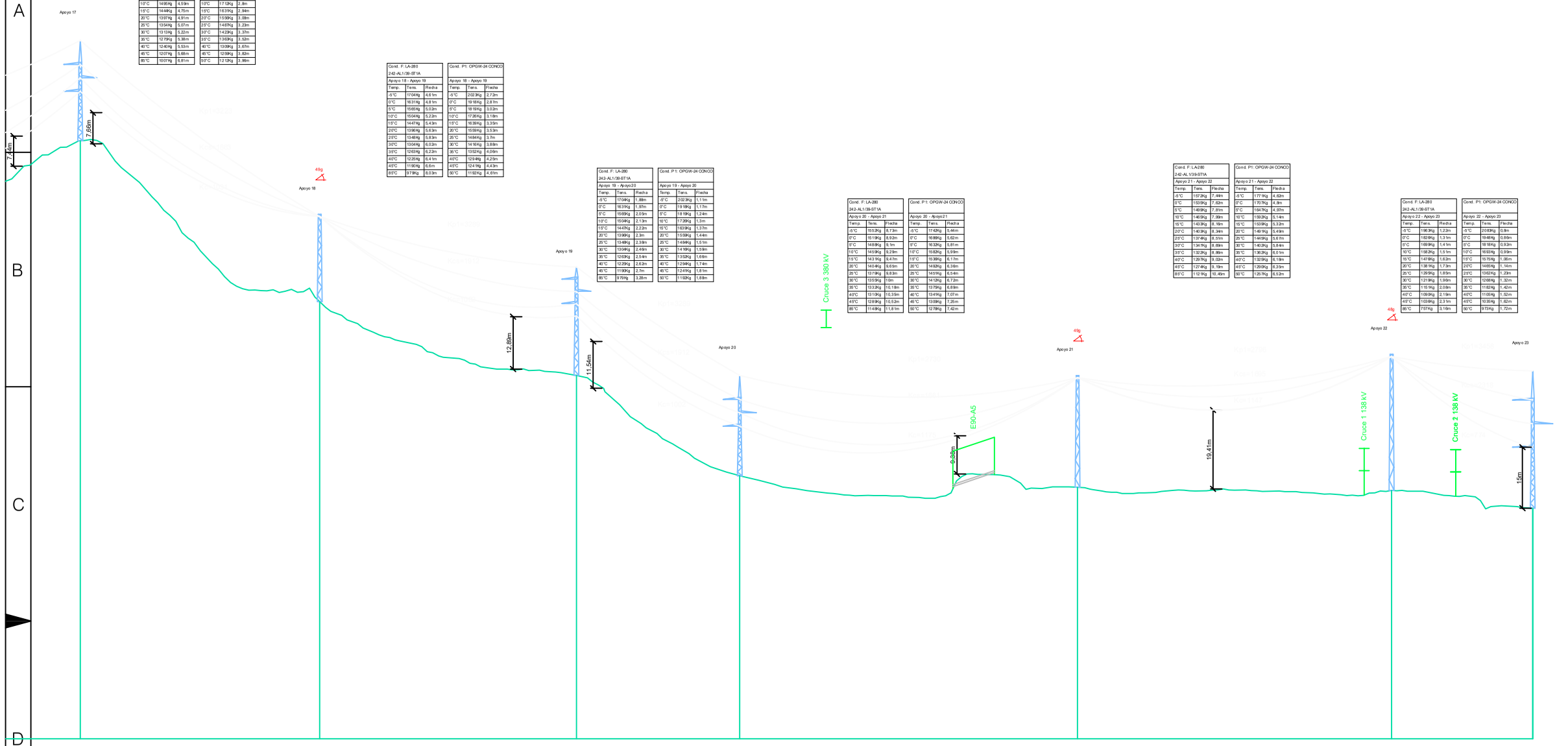
Cond: P1: OPGW-24 CONCO	
Apoyo 20 - Apoyo 21	
Temp.	Tens.	Flecha
-5°C	1742Kg	5,44m
0°C	1638Kg	5,62m
5°C	1633Kg	5,81m
10°C	1583Kg	5,99m
15°C	1539Kg	6,17m
20°C	1493Kg	6,39m
25°C	1453Kg	6,54m
30°C	1413Kg	6,72m
35°C	1379Kg	6,89m
40°C	1345Kg	7,07m
45°C	1309Kg	7,25m
50°C	1278Kg	7,42m

Cond: F: LA-280 242-AL1/39-ST1A	
Apoyo 21 - Apoyo 22	
Temp.	Tens.	Flecha
-5°C	1172Kg	7,44m
0°C	1103Kg	7,83m
5°C	1469Kg	7,89m
10°C	1403Kg	7,99m
15°C	1403Kg	8,19m
20°C	1401Kg	8,34m
25°C	1374Kg	8,51m
30°C	1341Kg	8,69m
35°C	1323Kg	8,86m
40°C	1287Kg	9,03m
45°C	1272Kg	9,19m
50°C	1121Kg	10,49m

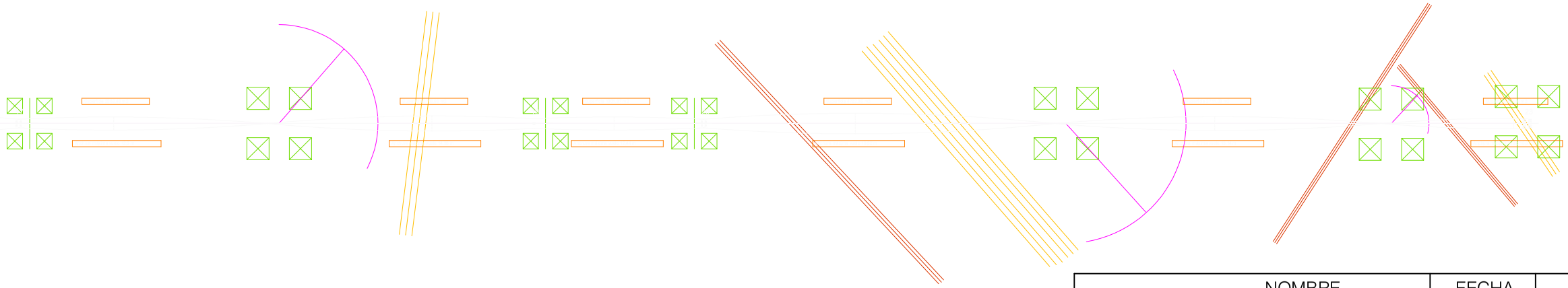
Cond: P1: OPGW-24 CONCO	
Apoyo 21 - Apoyo 22	
Temp.	Tens.	Flecha
-5°C	1773Kg	4,62m
0°C	1707Kg	4,8m
5°C	1647Kg	4,97m
10°C	1592Kg	5,14m
15°C	1537Kg	5,32m
20°C	1481Kg	5,49m
25°C	1436Kg	5,67m
30°C	1393Kg	5,84m
35°C	1353Kg	6,01m
40°C	1323Kg	6,18m
45°C	1293Kg	6,35m
50°C	1257Kg	6,52m

Cond: F: LA-280 242-AL1/39-ST1A	
Apoyo 22 - Apoyo 23	
Temp.	Tens.	Redia
-5 °C	1963Kg	1,23m
0°C	1923Kg	1,31m
5°C	1889Kg	1,41m
10°C	1853Kg	1,51m
15°C	1819Kg	1,62m
20°C	1788Kg	1,73m
25°C	1759Kg	1,83m
30°C	1731Kg	1,99m
35°C	1707Kg	2,09m
40°C	1680Kg	2,19m
45°C	1659Kg	2,3 m
50°C	1637Kg	3,19m

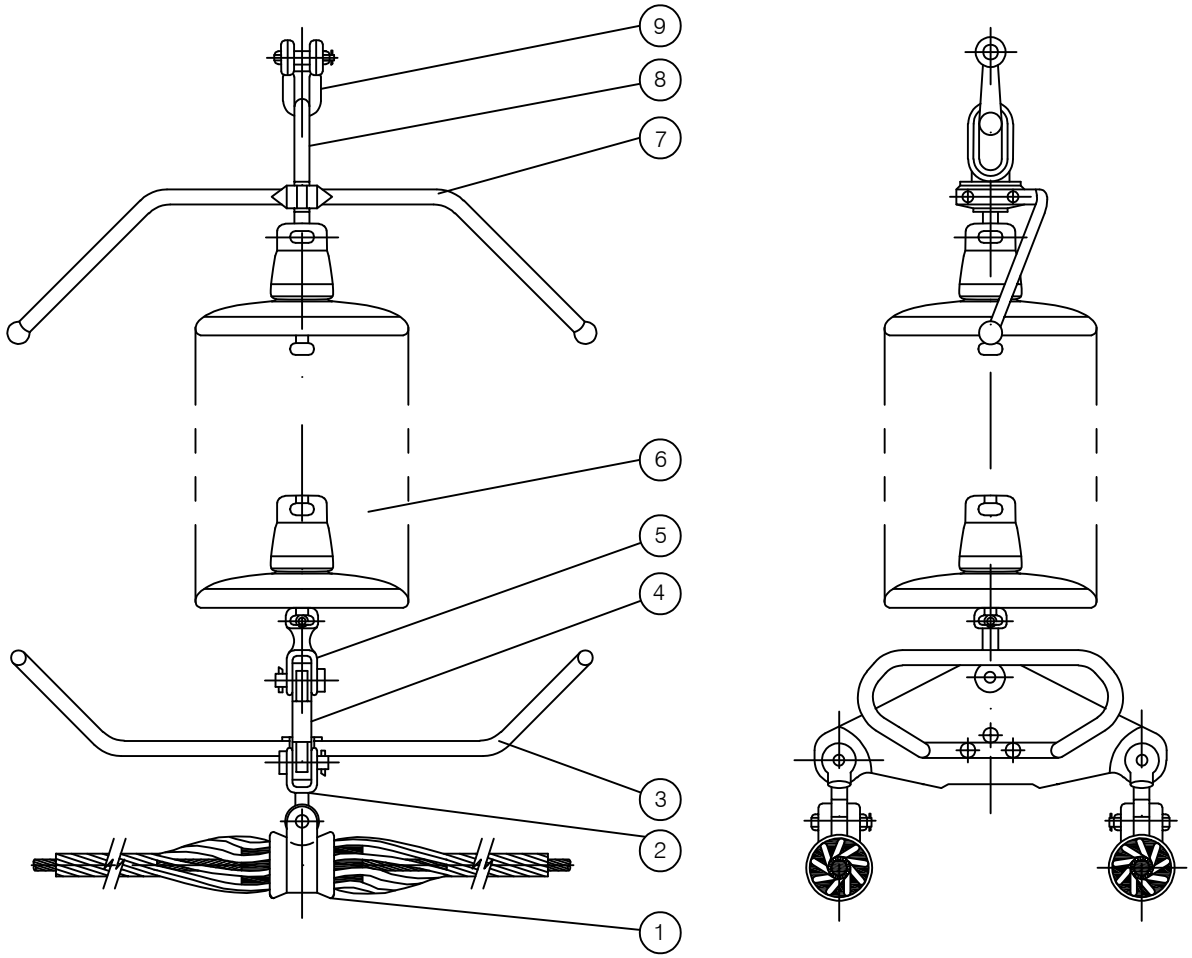
Cond: P1: OPGW-24 CONCO	
Apoyo 22 - Apoyo 23	
Temp.	Tens.	Flecha
-5°C	2058Kg	0,8m
0°C	1940Kg	0,89m
5°C	1818Kg	0,93m
10°C	1833Kg	0,99m
15°C	1815Kg	1,06m
20°C	1685Kg	1,14m
25°C	1582Kg	1,23m
30°C	1516Kg	1,32m
35°C	1183Kg	1,42m
40°C	1105Kg	1,52m
45°C	1035Kg	1,62m
50°C	973Kg	1,72m



17	235.94	18	252.91	19	160.94	20	332.81	21	309.38	22	139.06	23
596.87		557.22		539.08		514.36		511.52		510.74		506.38
294.74		235.94		252.91		160.94		332.81		309.38		139.06
5500.00		5735.94		5988.85		6149.79		6482.60		6791.98		6931.04
AL_AM		AN_ANC (49g)		AL_SU		AL_AM		AN_ANC (49g)		AN_ANC (48g)		FL
CO-9000-12		---		HAR-5000-20		CO-9000-12		---		---		IC-55000-15
b=3,3/a=4,1/c=4, 1/h=5,9		b=---/a=---/c=---		b=3/a=3,6/c=3,6/h=3		b=3,3/a=4,1/c=4,1/h=5,9		b=---/a=---/c=---		b=---/a=---/c=---		b=5, 8/a=5/c=5/h=7,2
12,2		---		17,7 (Normal/K=12)		12,2		---		---		15
Tetrabloque (Cuadrada recta)		Tetrabloque (Cuadrada recta)		Monobloque		Tetrabloque (Cuadrada recta)		Tetrabloque (Cuadrada recta)		Tetrabloque (Cuadrada recta)		Tetrabloque (Cuadrada recta)
a=1,05/H=2,45		a=---/h=---/H=---/b=---		a=1,86/h=2,42		a=1,05/H=2,45		a=---/h=---/H=---/b=---		a=---/h=---/H=---/b=---		a=2,55/H=3,85

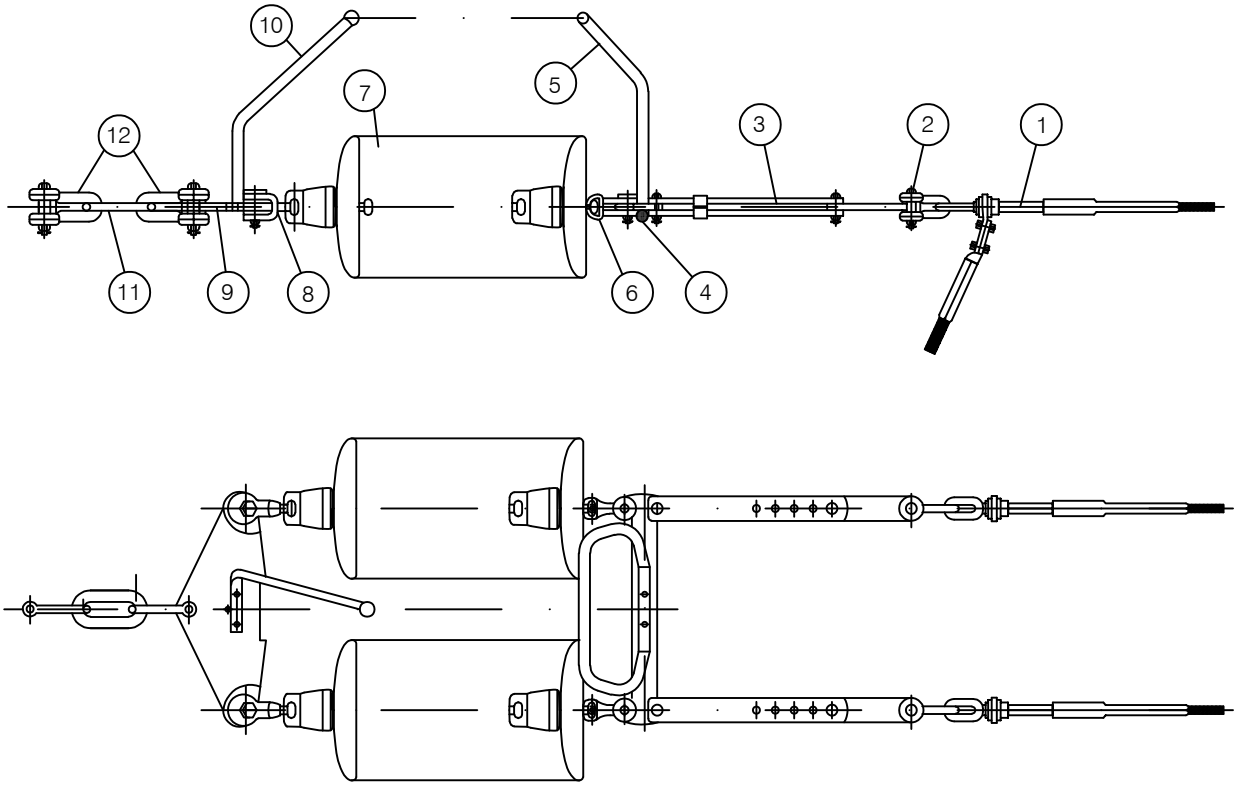


	NOMBRE	FECHA	
DIBUJADO	Manuel Arjona Carrasco	01/08/22	Plano 4 de Perfil
COMPROBADO	Pablo Mercado Bautista		
ESCALA: Sin escalar	FIRMA:		I.C.A.I.



POS	CÓDIGO	DENOMINACIÓN	CANT
1	–	GRAPA SUSPENSIÓN ARMADA PARA CABLE LA-280	2
2	–	HORQUILLA REVIRADA	2
3	–	DESCARGADOR SUSPENSIÓN DÚPLEX INFERIOR 220 KV	1
4	–	YUGO TRIANGULAR SUSPENSIÓN	1
5	–	RÓTULA HORQUILLA	1
6	–	AISLADOR U-120-B	16
7	–	DESCARGADOR SUSPENSIÓN SUPERIOR 220 kV	1
8	–	ANILLA BOLA PARA PROTECCIÓN	1
9	–	GRILLETE NORMAL RECTO	1

	NOMBRE	FECHA	
DIBUJADO	Manuel Arjona Carrasco	01/08/22	PLANO DE: Cadena aisladores suspensión
COMPROBADO	Pablo Mercado Bautista		
ESCALA: Sin escalar	FIRMA:		I.C.A.I.

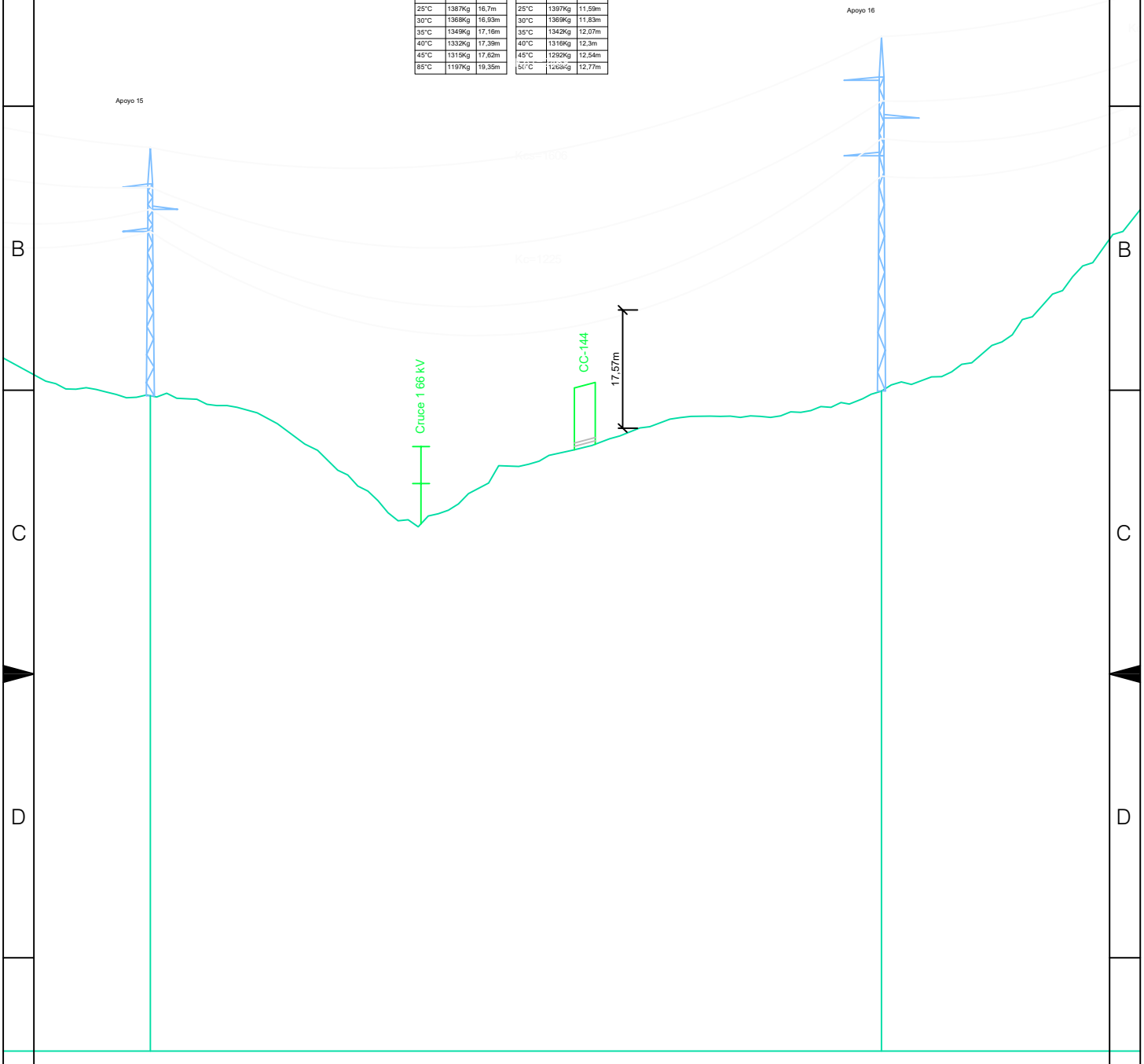


POS	CÓDIGO	DENOMINACIÓN	CANT
1	–	GRAPA AMARRE PARA CABLE LA-280	2
2	–	GRILLETE NORMAL RECTO	2
3	–	TENSOR DE CORREDERA	2
4	–	YUGO SEPARADOR	1
5	–	DESCARGADOR AMARRE DÚPLEX INFERIOR 220 kV	2
6	–	RÓTULA HORQUILLA CORTA	2
7	–	AISLADOR VIDRIO U-120-B	32
8	–	HORQUILLA BOLA	2
9	–	YUGO TRIANGULAR AMARRE	1
10	–	DESCARGADOR AMARRE SUPERIOR 220 kV	1
11	–	ESLABÓN CADENA AISLADORES E-32	1
12	–	GRILLETE NORMAL RECTO	2

	NOMBRE	FECHA	PLANO DE: Cadena aisladores amarre
DIBUJADO	Manuel Arjona Carrasco	01/08/22	
COMPROBADO	Pablo Mercado Bautista		
ESCALA: Sin escalar	FIRMA:		I.C.A.I.

Cond. F: LA-280 242-AL1/39-ST1A		
Apoyo 15 - Apoyo 16		
Temp.	Tens.	Flecha
-5°C	1518Kg	15,25m
0°C	1494Kg	15,49m
5°C	1471Kg	15,74m
10°C	1448Kg	15,98m
15°C	1427Kg	16,22m
20°C	1406Kg	16,46m
25°C	1387Kg	16,7m
30°C	1368Kg	16,93m
35°C	1349Kg	17,16m
40°C	1332Kg	17,39m
45°C	1315Kg	17,62m
85°C	1197Kg	19,35m

Cond. P1: OPGW-24 CONCO		
Apoyo 15 - Apoyo 16		
Temp.	Tens.	Flecha
-5°C	1603Kg	10,1m
0°C	1564Kg	10,35m
5°C	1527Kg	10,6m
10°C	1492Kg	10,85m
15°C	1458Kg	11,1m
20°C	1427Kg	11,35m
25°C	1397Kg	11,59m
30°C	1369Kg	11,83m
35°C	1342Kg	12,07m
40°C	1316Kg	12,3m
45°C	1292Kg	12,54m
50°C	1268Kg	12,77m

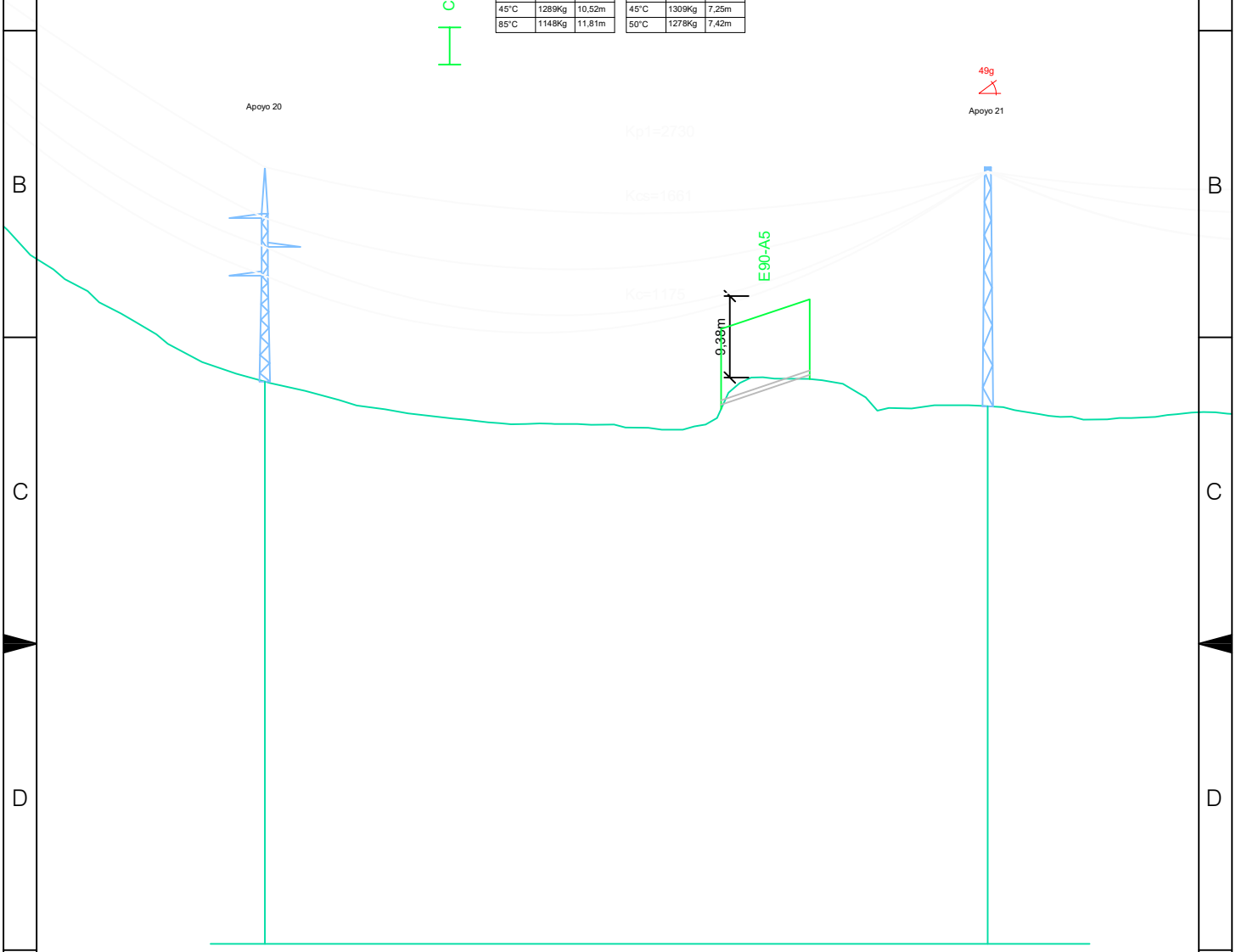


15	434.95	16
547.03		547.72
256.25		434.95
4770.31		5205.26
AL_AM		AL_SU
CO-9000-24		GCO-40000-35
b=3,3/a=4,1/c=4,1/h=5,9		b=5,6/a=5,6/c=5,6/h=6,5
24,4		35
Tetrabloque (Cuadrada recta)		Tetrabloque (Cuadrada recta)
a=1,15/H=2,6		a=2,2/H=3,6

NOMBRE		FECHA	Plano 1 de cruzamiento. Línea 166 kV
DIBUJADO	Manuel Arjona Carrasco	01/08/22	
COMPROBADO	Pablo Mercado Bautista		
ESCALA: Sin escalar	FIRMA:		I.C.A.I.

Cond. F: LA-280 242-AL1/39-ST1A		
Apoyo 20 - Apoyo 21		
Temp.	Tens.	Flecha
-5°C	1552Kg	8,73m
0°C	1519Kg	8,92m
5°C	1488Kg	9,1m
10°C	1459Kg	9,29m
15°C	1431Kg	9,47m
20°C	1404Kg	9,65m
25°C	1379Kg	9,83m
30°C	1355Kg	10m
35°C	1332Kg	10,18m
40°C	1310Kg	10,35m
45°C	1289Kg	10,52m
85°C	1148Kg	11,81m

Cond. P1: OPGW-24 CONCO		
Apoyo 20 - Apoyo 21		
Temp.	Tens.	Flecha
-5°C	1742Kg	5,44m
0°C	1686Kg	5,62m
5°C	1632Kg	5,81m
10°C	1582Kg	5,99m
15°C	1536Kg	6,17m
20°C	1492Kg	6,36m
25°C	1451Kg	6,54m
30°C	1412Kg	6,72m
35°C	1375Kg	6,89m
40°C	1341Kg	7,07m
45°C	1309Kg	7,25m
50°C	1278Kg	7,42m



20	332.81	21
514.36		511.52
160.94		332.81
6149.79		6482.60
AL_AM		AN_ANC (49g)
CO-9000-12		---
b=3,3/a=4,1/c=4,1/h=5,9		b=---/a=---/c=---
12,2		---
Tetrabloque (Cuadrada recta)		Tetrabloque (Cuadrada recta)
a=1,05/H=2,45		a=---/h=---/H=---/b=---

NOMBRE		FECHA	Plano 2 de cruzamiento. Autovía E 90-A 5
DIBUJADO	Manuel Arjona Carrasco	01/08/22	
COMPROBADO	Pablo Mercado Bautista		
ESCALA: Sin escalar	FIRMA:		I.C.A.I.



PLIEGO DE CONDICIONES

Línea de evacuación simple circuito 220 kV para un parque eólico de 180 MW

Manuel Arjona Carrasco
25/08/2022

2ºA
Máster en Ingeniería Industrial y MBA

Índice

CAPÍTULO 1. CONDICIONES GENERALES 4
1.1 OBJETO Y ÁMBITO DE APLICACIÓN 4
CAPÍTULO 2. CONDICIONES DE ÍNDOLE FACULTATIVO 4
2.1 DIRECCIÓN FACULTATIVA 4
2.2 EMPRESA INSTALADORA O CONTRATISTA 4
CAPÍTULO 3. CONDICIONES DE ÍNDOLE ADMINISTRATIVO 5
3.1 ANTES DEL INICIO DE LAS OBRAS 5
3.2 PROYECTO DE LA INSTALACIÓN 5
3.3 DOCUMENTACIÓN FINAL 5
CAPÍTULO 4. CONSIDERACIONES GENERALES 6
4.1 INSPECCIÓN 6
4.2 CONSIDERACIONES PREVIAS 7
4.3 ORDEN DE LOS TRABAJOS 7
4.4 REPLANTEO 7
4.5 MARCHA DE LAS OBRAS 8
CAPÍTULO 5. CONSIDERACIONES DE EJECUCIÓN Y MONTAJE 8
5.1 LEGISLACIÓN Y NORMATIVA APLICABLE 8
5.2 SUMINISTRO DE MATERIALES 8
5.2.1 CONDUCTORES 8
5.2.2 HERRAJES Y ACCESORIOS 9
5.2.3 AISLADORES 9
5.2.4 APOYOS 9
5.2.5 TRANSPORTE DE MATERIAL 9
5.2.6 ACOPIO DE MATERIAL 10
5.3 APERTURA DE ACCESOS 10
5.4 ARMADO DE APOYOS 11
5.5 IZADO DE APOYOS 12
5.6 CIMENTACIÓN DE APOYOS 14
5.6.1 EXCAVACIÓN 14
5.6.2 HORMIGONADO 14
5.6.3 REPOSICIÓN DEL TERRENO 16
5.6.4 SISTEMA DE PUESTA A TIERRA 16

5.7 INSTALACIÓN DE CONDUCTORES 17

5.8 CONTROLES DE CALIDAD 28

BIBLIOGRAFÍA..... **¡Error! Marcador no definido.**

CAPÍTULO 1. CONDICIONES GENERALES

1.1 OBJETO Y ÁMBITO DE APLICACIÓN

Este pliego tiene por objeto establecer los criterios a cumplir en la ejecución de la Línea de Evacuación en Simple Circuito 220 kV para un parque eólico de 180 MW.

Para la realización de este pliego se toma como referencia el documento perteneciente a E-ON, [1].

Las condiciones técnicas y operaciones a realizar que se indican en cada apartado, no tienen carácter limitativo. La empresa que ejecute el trabajo recogerá en su procedimiento, además de las aquí indicadas, todas las necesarias para la ejecución correcta del trabajo.

Este Pliego de Condiciones Técnicas Particulares se refiere al suministro, instalación, pruebas, ensayos, mantenimiento, características y calidades de los materiales necesarios en la construcción de Líneas de Alta Tensión Aéreas, con el fin de garantizar la seguridad de las personas, el bienestar social y la protección del medio ambiente, siendo necesario que dichas instalaciones eléctricas se proyecten, construyan, mantengan y conserven de tal forma que se satisfagan los fines básicos de la funcionalidad, es decir de la utilización o adecuación al uso, y de la seguridad, concepto que incluye la seguridad estructural y la seguridad de utilización, de talforma que el uso normal de la instalación no suponga ningún riesgo de accidente para las personas y cumpla la finalidad para la cual es diseñada y construida.

CAPÍTULO 2. CONDICIONES DE ÍNDOLE FACULTATIVO

2.1 DIRECCIÓN FACULTATIVA

La Dirección Facultativa es la máxima autoridad en la obra o instalación. Con independencia de las responsabilidades y obligaciones que le asisten legalmente, será el único con capacidad legal para adoptar o introducir las modificaciones de diseño, constructivas o cambio de materiales que considere justificadas y sean necesarias en virtud del desarrollo de la obra.

En el caso de que la dirección de obra sea compartida por varios técnicos competentes, se estará a lo dispuesto en la normativa vigente.

La Dirección Facultativa velará porque los productos, sistemas y equipos que formen parte de la instalación dispongan de la documentación que acredite las características de los mismos, así como de los certificados de conformidad con las normas UNE, EN, CEI u otras que le sean exigibles por normativa o por prescripción del proyectista, así como las garantías que ostente.

2.2 EMPRESA INSTALADORA O CONTRATISTA

La empresa instaladora o Contratista es la persona física o jurídica legalmente establecida e inscrita en el Registro Industrial correspondiente del órgano competente en materia de energía, que usando sus medios y organización y bajo la dirección técnica de un profesional realiza las actividades industriales relacionadas con la ejecución, montaje, reforma, ampliación, revisión, reparación, mantenimiento y desmantelamiento de las instalaciones eléctricas que se le encomiende.

Además de poseer la correspondiente autorización del órgano competente en materia de energía, contará con la debida solvencia reconocida por la Dirección Facultativa.

El contratista se obliga a mantener contacto a través del director de obra, para aplicar las normas que le afecten y evitar criterios dispares.

El Contratista estará obligado al cumplimiento de lo dispuesto en la reglamentación de Seguridad y Salud en el Trabajo y cuantas disposiciones legales de carácter social estén en vigor y le afecten.

El Contratista deberá adoptar las máximas medidas de seguridad en el acopio de materiales y en la ejecución, conservación y reparación de las obras, para proteger a los obreros, público, vehículos, animales y propiedades ajenas de daños y perjuicios.

El Contratista deberá obtener todos los permisos, licencias y dictámenes necesarios para la ejecución de las obras y puesta en servicio, debiendo abonar los cargos, tasase impuestos derivados de ellos.

Asímismo el Contratista deberá incluir en la contrata la utilización de los medios y la construcción de las obras auxiliares que sean necesarias para la buena ejecución delas obras principales y garantizar la seguridad de las mismas

El Contratista cuidará de la perfecta conservación y reparación de las obras, subsanando cuantos daños o desperfectos aparezcan en las obras, procediendo al arreglo, reparación o reposición de cualquier elemento de la obra.

CAPÍTULO 3. CONDICIONES DE ÍNDOLE ADMINISTRATIVO

3.1 ANTES DEL INICIO DE LAS OBRAS

Antes de comenzar la ejecución de esta instalación, la Propiedad o titular deberá designar a un técnico titulado competente como responsable de la Dirección Facultativa de la obra, quién, una vez finalizada la misma y realizadas las pruebas y verificaciones preceptivas, emitirá el correspondiente Certificado de Dirección y Finalización de Obra.

3.2 PROYECTO DE LA INSTALACIÓN

El proyecto constará de los documentos y contenidos preceptivamente establecidos en las normativas específicas que le son de aplicación, y como mínimo contemplará la documentación descriptiva que se recoge en correspondiente apartado del Proyecto Tipo considerada necesaria para la ejecución de una instalación con la calidad, funcionalidad y seguridad requerida.

El desarrollo de los apartados que componen el Proyecto Tipo presupone dar contenido al Proyecto Simplificado hasta el nivel de detalle que considere el proyectista, sin perjuicio de las omisiones, fallos o incumplimientos que pudieran existir en dicho documento y que en cualquier caso son responsabilidad del autor del mismo.

3.3 DOCUMENTACIÓN FINAL

Concluidas las obras necesarias de la instalación eléctrica, ésta deberá quedar perfectamente documentada incluyendo sus características técnicas, el nivel de calidad alcanzado,

así como las instrucciones de uso y mantenimiento adecuadas a la misma, la cual contendrá como mínimo lo siguiente:

- Documentación administrativa y jurídica: datos de identificación de los profesionales y empresas intervinientes en la obra, acta de recepción de obra o documento equivalente, autorizaciones administrativas y cuantos otros documentos se determinen en la legislación.
- Documentación técnica: el documento técnico de diseño correspondiente, los certificados técnicos y de instalación, así como otra información técnica sobre la instalación, equipos y materiales instalados. Se deberá incluir, además, tanto el esquema unifilar, como la documentación gráfica necesaria.
- Certificado de Dirección de Obra: Es el documento emitido por el Técnico Facultativo competente, en el que certifica que ha dirigido eficazmente los trabajos de la instalación proyectada, asistiendo con la frecuencia que su deber de vigilancia del desarrollo de los trabajos ha estimado necesario, comprobando finalmente que la obra está completamente terminada y que se ha realizado de acuerdo con la especificaciones contenidas en el proyecto de ejecución presentado, con la modificaciones de escasa importancia que se indiquen, cumpliendo, así mismo, con la legislación vigente relativa a los Reglamentos de Seguridad que le sean de aplicación.
- Certificado de Instalación: Es el documento emitido por la empresa instaladora y firmado por el profesional habilitado adscrito a la misma que ha ejecutado la correspondiente instalación eléctrica, en el que se certifica que la misma está terminada y ha sido realizada de conformidad con la reglamentación vigente y conel documento técnico de diseño correspondiente, habiendo sido verificada satisfactoriamente en los términos que establece dicha normativa específica, y utilizando materiales y equipos que son conformes a las normas y especificaciones técnicas declaradas de obligado cumplimiento.
- Certificado de Garantía de la Instalación: el contratista entregará el correspondiente certificado de garantía, todos los certificados de garantía de los materiales suministrados emitidos por los correspondientes fabricantes, así como los certificados de todos los ensayos realizados.

CAPÍTULO 4. CONSIDERACIONES GENERALES

Se prohíbe toda variación sobre el contenido del proyecto y sobre las prescripciones deeste documento, salvo que la Dirección Facultativa lo autorice expresamente por escrito, y cuente con la aprobación previa.

La construcción de Líneas de Alta Tensión Aéreas requiere el conocimiento de toda la normativa vigente de aplicación, así como de las Normas y Especificaciones referidas a materiales, Proyectos Tipo, y otros documentos normativos de criterios de ejecución, tales como UNE, UNESA, etc.

4.1 INSPECCIÓN

En el proceso de ejecución de todas aquellas obras que pretendan ser cedidas, el promotor estará obligado a comunicar el inicio de los trabajos a fin de que se puedan realizar las labores de inspección precisas.

4.2 CONSIDERACIONES PREVIAS

Las instalaciones serán ejecutadas por instaladores eléctricos, y deberán realizarse conforme a lo que establece el presente Pliego de Condiciones Técnicas y a la reglamentación vigente, cumpliéndose además, todas las disposiciones legales que sean de aplicación en materia de seguridad y salud en el trabajo.

Como regla general, todas las obras se ejecutarán con materiales de calidad reconocida, de acuerdo con los planos del proyecto, y cualquier modificación sólo podrá realizarse previa autorización por escrito de la Dirección Facultativa.

La Dirección Facultativa rechazará todas aquellas partes de la instalación que no cumplan los requisitos para ellas exigidas, obligándose la empresa instaladora o Contratista a sustituirlas.

Antes de la instalación, el Contratista presentará a la Dirección Facultativa los catálogos, muestras, etc, que se precisen para la recepción de los distintos materiales. No se podrán emplear materiales sin que previamente hayan sido aceptados por la Dirección Facultativa.

Se realizarán cuantos análisis y pruebas se ordenen por la Dirección Facultativa aunque no estén indicadas en este Pliego.

Este control previo no constituye recepción definitiva, pudiendo ser rechazados por la Dirección Facultativa, aún después de colocado, si no cumpliese con las condiciones exigidas en este Pliego de Condiciones, debiendo ser reemplazados por el Contratista por otros que cumplan con las calidades exigidas.

Se comprobará que todos los elementos y componentes de la instalación coinciden consu desarrollo en el proyecto, y en caso contrario se redefinirán en presencia de la Dirección Facultativa. Una vez iniciadas las obras deberán continuarse sin interrupción y en plazo estipulado.

4.3 ORDEN DE LOS TRABAJOS

La Dirección Facultativa fijará el orden que deben llevar los trabajos y el Contratista estará obligado a cumplir exactamente cuánto se disponga sobre el particular.

4.4 REPLANTEO

El replanteo de la obra se hará por la Dirección Facultativa con el contratista, quien será el encargado de la vigilancia y dar cumplimiento a lo estipulado.

Antes de comenzar los trabajos se marcará en el terreno, por Instalador y en presencia de la Dirección Facultativa, las zonas donde se abrirán las zanjas marcando tanto su anchura como su longitud y la posición en la que se ubicarán las arquetas. Se procederá a la identificación de los servicios que puedan resultar afectados o que puedan condicionar y limitar la ejecución de la instalación de acuerdo al proyecto, siendo responsable el Contratista de los accidentes o desperfectos que se pudieran derivar del incumplimiento de lo señalado. Se estudiará la

señalización de acuerdo con las normas municipales y se determinarán las protecciones que se precisen.

4.5 MARCHA DE LAS OBRAS

Una vez iniciadas las obras deberán continuarse sin interrupción y en plazo estipulado.

CAPÍTULO 5. CONSIDERACIONES DE EJECUCIÓN Y MONTAJE

En este apartado se determinan las condiciones mínimas aceptables para la ejecución de la obra civil, la instalación de los conductores y cables de fibra óptica, de las instalaciones que se desarrollen en aplicación del Proyecto **LÍNEA DE EVACUACIÓN SIMPLE CIRCUITO 220 KV PARA UN PARQUE EÓLICO DE 180 MW.**

5.1 LEGISLACIÓN Y NORMATIVA APLICABLE

En las condiciones de ejecución de arquetas, cámaras de empalme, canalizaciones, obra civil del sistema de puesta a tierra y pistas de acceso a la obra, se ha tenido en cuenta toda la reglamentación vigente de aplicación, y en concreto:

- Real Decreto 1955/2000 de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimiento de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Modificaciones posteriores al Real Decreto 1955/2000 (RD 2351/2004).
- REAL DECRETO 223/2008 de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC- LAT 01 al 09.
- Decreto 275/2001, de 4 de octubre, por el que se establecen determinadas condiciones técnicas específicas de diseño y mantenimiento a las que se deberán someter las instalaciones eléctricas de distribución.
- REAL DECRETO 1432/2008 de 29 de agosto, por el que se establecen las medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de alta tensión.

5.2 SUMINISTRO DE MATERIALES

5.2.1 CONDUCTORES

Los conductores serán suministrados adecuadamente protegidos contra daños o deterioros que puedan ocasionarse durante su manipulación.

Excepto en los casos que expresamente se indique lo contrario, las bobinas serán de madera según norma UNE 21045.

La longitud de la bobina será la indicada para cada obra, y en su defecto la longitud de bobina estándar para cada conductor. Se admite una tolerancia de -0% y +2% en la longitud de la bobina.

La masa bruta y neta, la tara, la longitud (o longitud y número de piezas, si se acuerda que se suministren en la misma bobina longitudes distintas de conductor), la designación, y cualquier otra identificación necesaria será marcada convenientemente en el interior del embalaje. Esta misma información, junto el número de pedido, el número de serie de fabricación y todas las marcas de expedición y cualquier otra información, aparecerá en la parte externa del embalaje.

5.2.2 HERRAJES Y ACCESORIOS

Los herrajes y accesorios serán del tipo indicado en el proyecto. Estarán todosgalvanizados, y deberán cumplir las Normas UNE 21009, UNE 207009 y UNE-EN61284.
Los herrajes y accesorios serán suministrados junto con las indicaciones necesariaspara el correcto montaje.

5.2.3 AISLADORES

Los aisladores serán los que se indican en el proyecto.
Los aisladores de vidrio cumplirán la norma UNE 60305.

5.2.4 APOYOS

Los apoyos serán metálicos, constituidos por perfiles angulares de lados iguales galvanizados en caliente por inmersión, de acero S275JR (antiguo AE275B) y S355J0 (antiguo AE355C), según norma UNE 10025, preparados para organizar en celosía. Las uniones estructurales se realizarán mediante chapas y tornillos de calidad según norma UNEEN 20.898-1.

Los elementos que integran los apoyos, montantes, diagonales, cubrejuntas, crucetas, cartelas, etc, se suministrarán en paquetes.

Los paquetes estarán formados por conjuntos de elementos de modo que se puedan intercambiar con apoyos del mismo tipo, como:

El empaquetado se realizará de forma que los elementos queden protegidos y su manejo resulte seguro.

Cada paquete irá acompañado de su correspondiente lista de materiales.

Por cada apoyo distinto, se suministrará el correspondiente plano de montaje.

La tornillería correspondiente a cada paquete anteriormente citado se embalará en caja de madera o bidón de plástico. Dentro de estos recipientes se dispondrán bolsas en las que se agruparán la tornillería por medida.

5.2.5 TRANSPORTE DE MATERIAL

Tanto para el transporte como para la carga y descarga, se utilizarán vehículos y grúas adecuadas (con su correspondiente marca CE y la ITV en regla), teniéndose especial cuidado en la distribución de la carga sobre el camión, así como en su colocación y afianzamiento, utilizando la madera necesaria a fin de evitar posibles pandeos, golpes, arañazos, etc. de los materiales.

El transporte se hará en condiciones tales que los puntos de apoyo de materiales largos con la caja del vehículo, queden bien promediados respecto a la longitud de los mismos.

El contratista tomará nota de los materiales recibidos dando cuenta al Director de Obrade las anomalías que se produzcan.

5.2.6 ACOPIO DE MATERIAL

Todos los materiales se dejarán separados del contacto con el terreno, por medio de calzos de madera. En todos los casos, se colocarán en número suficiente para evitar el pandeo del material durante su almacenaje.

El almacenamiento y protección ambiental de aquellos materiales equipos que pudieran verse afectados por las condiciones externas o climatológicas, se realizará en cada caso en las condiciones más favorables para su conservación.

Se revisará el material en el almacén con el objeto de detectar faltas de material, defectos en el material o deterioros del mismo para evitar retrasos posteriores y poder realizar su solicitud de suministro a tiempo. Se emitirá un documento de recepción de materiales, en el que figuren:

a) Los materiales y unidades de proyecto a recepcionar en cada tipo de obra.
b) Las condiciones de recepción de cada material o
c) El resultado de la revisión, indicando "si" procede o "no" procede su aceptación.
d) Observaciones donde se indiquen los motivos de la no aceptación.

Cuando deba almacenarse una bobina de la que se ha utilizado una parte del cable que contenía, han de taponarse los extremos de los cables, utilizando capuchones termorretráctiles de modo que se garantice la total estanqueidad del extremo del cable.

5.3 APERTURA DE ACCESOS

La necesidad de apertura de accesos a los lugares de trabajo, acopio e instalación vienedada por los siguientes condicionantes:

- Los parámetros que van a definir el diseño de los viales son los siguientes:
- Máximo aprovechamiento de los viales existentes.
- Mínima longitud de viales a construir.
- Mínima pendiente de trazado.
- Mínimo ancho de viales.
- Mínimo movimiento de tierras.

Cuando en el proyecto esté contemplada la creación o adecuación de accesos, éstos serán ejecutados por el contratista siguiendo el trazado definido en los planos. Cualquier propuesta de cambio debe ser informada y validada la Dirección Facultativa.

La Dirección Facultativa podrá exigir la mejora, adecuación o conservación de pasos y caminos existentes, o la creación de nuevas vías de acceso (aún no estando contempladas en el proyecto de la instalación), diseñadas en las condiciones técnicas y de seguridad exigidas en este pliego.

Se adoptarán las medidas necesarias para que sólo las personas autorizadas puedan acceder a la obra.

Todos los accesos utilizados deberán ser restaurados a su estado inicial, retirando a vertedero autorizado todos los materiales de nueva aportación y procediendo a siembra de especies vegetales si es necesario para una correcta restauración. En caso de que para la ejecución del acceso sea preciso realizar explanación, toda la tierra extraída se reservará en un lugar adecuado de acopio, a efectos de reponerla una vez que el accesono sea necesario para la construcción.

5.4 ARMADO DE APOYOS

Todos los elementos del apoyo irán colocados de acuerdo con los planos de montaje suministrados por el fabricante.

Se utilizará la tornillería indicada en los planos de montaje y la rosca de los tornillos sobresaldrá de la tuerca entre 4 y 9 mm.

Para el apriete de los tornillos se utilizarán herramientas adecuadas y en buen estado, quedando prohibido el empleo de punteros y escariadores para agrandar taladros. Se prohíbe expresamente la colocación de tornillos a golpe de martillo, pudiéndose utilizarel puntero solo para hacer coincidir los taladros de las piezas.

Las cabezas de los tornillos deberán quedar perfectamente asentadas sobre los perfiles que unan.

Si en el curso del montaje aparecen dificultades de ensambladura o defectos sobre algunas piezas que necesitan su sustitución o modificación, el Contratista lo notificará alDirector de Obra.

No se empleará ningún elemento metálico doblado, torcido, etc. Sólo podrán enderezarse previo consentimiento del Director de Obra.

Se comprobará que los montantes quedan perfectamente alineados con respecto a los anclajes y entre sí.

Después de su izado y antes del tendido de los conductores se apretarán los tornillos dando a las tuercas la presión correcta mediante llaves dinamométricas. Se consideran los pares de apriete siguientes:

Tornillo m-12 3 dan ± 10 % Tornillo m-16 7 dan ± 10 % Tornillo m-20 14 dan ± 10 %Tornillo m-22 18 dan ± 10 %

Los tornillos deberán sobresalir de la tuerca por lo menos tres pasos de rosca, los cuales se granetearán para evitar que puedan aflojarse según se indica:

Tornillo m-12 1 punto de graneteado. Tornillo m-16 2 puntos de graneteado.

Tornillo m-20 y superior 3 puntos de graneteado

Como norma general, los tornillos estarán siempre orientados con la tuerca hacia el exterior del apoyo y sus peldaños en las zancas 4 y 8.

El armado, bien por tramos o por apoyo completo, se realizará sobre terreno sensiblemente horizontal de manera que el tramo o apoyo completo quede perfectamente nivelado sobre calces de madera a fin de evitar cualquier tipo de deformación.

Los calces serán de madera perfectamente aserrada, con unas dimensiones mínimas de 50 cm de longitud y 25 cm de ancho. Dichos calces se colocarán a una longitud máxima entre sí de 5 m.

Cuando el izado del tramo o apoyo, por su volumen o dimensiones, precise de arriostramiento, éste se realizará por medio de puntales de madera o metálicos, previamente diseñados y preparados al efecto, a fin de evitar posibles deformaciones.

5.5 IZADO DE APOYOS

La operación de izado de los apoyos debe realizarse de tal forma que ningún elemento sea solicitado excesivamente. En cualquier caso, los esfuerzos deben ser inferiores al límite elástico del material.

Los estrobos o eslingas a utilizar serán los adecuados para el peso a levantar, llevando impresa la carga máxima soportada, y estarán protegidas para no producir daños en los apoyos.

El izado de los apoyos metálicos se realizará habitualmente por medio de cabrestante/pluma o grúa; cuando se utilice cualquier otro procedimiento diferente a los indicados deberá ser autorizado previamente por el Director de Obra.

No podrá iniciarse el izado de los apoyos durante los 5 días siguientes a su hormigonado.

Sea cual sea el procedimiento de izado, no se podrán causar daños a las cimentaciones y no se someterá a las estructuras a esfuerzos para las que no estén diseñadas.

No se permitirá el graneteado de los tornillos hasta que el apoyo este totalmente izado (salvo las puntas de cruceta). una vez se encuentren correctamente apretados:

Tornillo M-16 e inferior 2 puntos de graneteado

Tornillo M-20 y superior 3 puntos de graneteado

Las herramientas y medios mecánicos empleados estarán correctamente dimensionados y se utilizarán en la forma y con los coeficientes de seguridad para los que han sido diseñados.

El método de izado de apoyos se podrá ser:

a) Izado con pluma y cabrestante

El izado mediante pluma y cabrestante, se realizará conforme a los siguientes requisitos:

- Comprobación del estado de los diferentes tramos de la pluma cada vez que ésta se utilice.
- El cable de bajada al cabrestante se deslizará verticalmente pegado a la pluma, colocándose una polea de reenvío en la base de la pluma o del apoyo.

- El cabrestante deberá estar correctamente anclado al terreno y situado a una distancia tal que no pueda ser alcanzado por la caída fortuita de la pluma o tramo del apoyo que se esté izando.
- Una vez izada la pluma, se dispondrán los vientos adecuados a los esfuerzos a que vaya a ser sometida y siguiendo las instrucciones de uso para las que ha sido diseñada.
- Los vientos se fijarán al terreno mediante elementos de anclaje debidamente diseñados y colocados, intercalando "Pull-Lifts" o "Tracteles" para su regulación. No se fijarán los vientos directamente a los montantes del apoyo. En aquellos casos en que la pluma se suspenda del apoyo, la fijación o amarre de los estrobos se realizará en aquellos puntos de los montantes que dispongan de recuadro o arriostramiento interior y se encuentren previamente montados. El peso máximo a suspender no sobrepasará los límites indicados por el fabricante El ángulo máximo entre el eje de la pluma y los estrobos de suspensión de la misma no superará los 45º.

b) Izado con grúa

- El izado con grúa se realizará conforme a los siguientes requisitos:
- Solamente podrá utilizarse grúa cuando las condiciones del terreno lo permitan.
- Los apoyos se estrobarán de los puntos expresamente señalados y con cartelas suplementarias fabricadas al efecto.
- La estructura se arriostrará correctamente en sus zancas y puntos propensos a deformaciones.

- Se utilizará una grúa auxiliar para suspender el apoyo por su base, de manera que las zancas no puedan hacer en ningún momento palanca sobre el terreno.
- Las grúas se asentarán sobre terreno firme y colocando los elementos auxiliares necesarios para lograr la correcta distribución de la presión sobre el terreno.
- Las grúas deberán ser autopropulsadas, de pluma telescópica y con capacidad y altura suficiente para seguir con corrección las maniobras. Deberán llevar en lugar visible, la placa de características y marcado CE.
- No se utilizarán grúas para el izado en las proximidades de elementos energizados. En situaciones excepcionales, en las que sean imprescindible su uso, el Contratista adjudicatario tomará las precauciones necesarias para reducir los riesgos al mínimo, recogiendo las medidas a adoptar en el Plan de Seguridad de la obra, el cual deberá ser aprobado por el Coordinador de Seguridad.
- Las grúas deberán ineludiblemente disponer de dispositivos de seguridad que incluyan como mínimo el limitador de carga, el cual se prohíbe expresamente anular.

c) Izado por otros procedimientos

Podrá realizarse el izado de apoyos por cualquier otro procedimiento diferente a los anteriormente descritos con la autorización del Director de Obra.

5.6 CIMENTACIÓN DE APOYOS

5.6.1 EXCAVACIÓN

Las dimensiones de las excavaciones se ajustarán lo más posible a las indicadas en el Proyecto Simplificado y nunca serán inferiores a las especificadas por el fabricante. Las paredes de los hoyos serán siempre verticales.

Se tomarán las disposiciones convenientes para dejar durante el menor tiempo posible abiertas las excavaciones, con objeto de evitar accidentes. Se protegerán y señalizarán debidamente con malla naranja de delimitación a 2m del borde del hoyo mientras estén abiertas, cubriéndose si fuese necesario.

El fondo de la excavación se limpiará de restos de tierra y se compactará de forma previa a la ejecución de la solera.

Las excavaciones se realizarán con los útiles y maquinaria apropiada según el tipo de terreno. Normalmente se utiliza una pala mecánica con cuchara retroexcavadora provista de martillo rompedor o similar.

En terrenos rocosos, además del martillo compresor, puede ser necesario el uso de explosivos. Se deberá obtener los permisos para su utilización y deberá tomar las precauciones adecuadas para que en el momento de la explosión no se proyecten materiales al exterior que puedan provocar accidentes o desperfectos.

En terrenos con agua deberá procederse a su desecado sin afectar a terceros, procurando hormigonar después y lo más rápidamente posible para evitar el desprendimiento en las paredes del hoyo, lo que aumentaría las dimensiones del mismo y el hormigón necesario.

En el caso anterior, en la hipótesis de encontrar terrenos blandos será necesario entibar y/o encofrar la excavación. Para ello se aumentará el ancho de la excavación en el espesor de las entibaciones.

Se tendrá en cuenta en todo momento el condicionante que sobre las dimensiones tiene el tipo de terreno y la sustentabilidad del mismo, pudiendo condicionar esto, además de las dimensiones de la cimentación, la realización de escolleras, muros de contención y el uso de elementos auxiliares para asegurarlas.

En caso de considerarse la instalación de pernos, por dificultades que pudiesen surgir en la ejecución de las excavaciones y para asegurar las cimentaciones, el número y dimensiones de los mismos serán definidos en el Proyecto Simplificado.

Los agujeros se perforarán con la maquinaria adecuada, por percusión o por rotación, ajustándose a la profundidad y diámetro indicados.

5.6.2 HORMIGONADO

Por norma general se usará hormigón de fabricación en planta, la dosificación mínima será de 200 Kg./m^3 y resistencia mecánica mínima de 200 Kg./m^2.

El tiempo de llegada del hormigón a obra no ha superado las 2 horas desde su salida de planta.

En casos excepcionales se usará hormigón fabricado "in situ", siendo la dosificaciónmínima de cemento de 350 Kg./m^3, con la siguiente composición:

- 200 Kg. cemento P-350
- 1350 Kg. grava tamaño ≤ 40 mm.
- 675 Kg. arena seca
- 180 l de agua limpia.

Tanto el cemento como los áridos serán medidos con elementos apropiados.

El amasado del hormigón se hará preferiblemente en hormigonera o en su defecto sobre chapas metálicas o superficies impermeables cuando se efectúe a mano, procurando que la mezcla sea lo más homogénea posible.

Arena.

La arena puede proceder de ríos, canteras, etc. Debe ser limpia y no contener impurezas arcillosas u orgánicas. Será preferible la que tenga superficie áspera y de origen cuarzoso, desechando la de procedencia de terrenos que contengan mica o feldespato.

Piedra.

La piedra podrá proceder de canteras o de graveras de río. Siempre se suministrará limpia. Sus dimensiones podrán estar entre 1 y 5 cm. Se prohíbe el empleo de revoltón, o sea, piedras y arena unidas sin dosificación, así como cascotes o materiales blandos.

Cementos.

El cemento será de tipo Portland P-350º. En el caso de terreno yesoso se empleará cemento puzolánico.

Agua.

Se empleará agua de río o manantial sancionada como aceptables por la práctica, quedando prohibido el empleo de aguas de ciénagas. Deben rechazarse las aguas en lasque se aprecie la presencia de hidratos de carbono, aceites o grasas.

Productos químicos

La adición de productos químicos en mortero y hormigones, con cualquier finalidad, aunque fuera por necesidad, no podrá hacerse sin autorización expresa que podrá exigir la presentación de ensayo o certificación de características a cargo de algún Laboratorio Oficial.

Será necesaria, de forma previa al hormigonado, la comprobación de las inclinaciones y nivelación de los anclajes del apoyo.

En el vertido se apisonará y vibrará el hormigón con la maquinaria adecuada con el objeto de eliminar las coqueras que pudieran formarse.

No se dejarán las cimentaciones cortadas, ejecutándolas con hormigonado continuo hasta su terminación. Si por fuerza mayor hubiera de suspenderse la cimentación antes de su finalización, se introducirán un mínimo de 6 barras de acero corrugado con una separación de 50cm entre ellas y a 1m de profundidad, protegiéndose con setas para evitar su deterioro.

Antes de proceder de nuevo al hormigonado se levantará la concha de lechada, con cuidado para no mover la piedra, siendo aconsejable el empleo suave del pico y luego el cepillo de alambre con agua; más tarde se procederá a mojarlo con una lechada de cemento e inmediatamente se procederá de nuevo al hormigonado.

En tiempo de heladas, se cubrirá durante toda la noche los cimientos que esténfraguando por medio de sacos de yute o papel.

Las peanas se realizarán con el mismo hormigón utilizado en las cimentaciones y sobrepasarán el nivel del terreno en 10 cm. como mínimo en terrenos normales y 20cm. en terrenos de cultivo. La parte superior del macizo estará terminada en punta de diamante para conformar el vierteaguas, basándose en mortero rico en cemento, con una pendiente mínima de un 10%.

Se tendrá la precaución de dejar embutidos por lo menos 2 tubos de 30 mm de diámetro por anclaje para poder colocar los cables de tierra del apoyo. Estos conductos deberán salir, perpendiculares a la cara de la cimentación, a una profundidad mayor de 30 cm. por la parte inferior del macizo y junto a la arista del montante elegido para realizar la conexión de tierra en la parte superior de la cimentación.

5.6.3 REPOSICIÓN DEL TERRENO

Las tierras sobrantes de la excavación, así como los restos de material sobrantedeberán ser retiradas a vertedero autorizado.

5.6.4 SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

Todos los apoyos deben quedar puestos a tierra de un modo eficaz, de acuerdo con el Proyecto Tipo y Reglamento sobre Condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.

Los sistemas de puesta a tierra utilizados son:

- Sistema mixto de picas y anillos, los cuatro montantes quedarán unidos mediante cable de cobre de 95 mm2 de sección a un anillo perimetral del mismo tipo de cable, situado a una distancia de 1 metro de los montantes y enterrado a una profundidad mínima de 0,6 m, el cuál se unirá solidariamente a cuatro picas de cobre de 18 mm de diámetro y 2,00 m de longitud hincadas verticalmente en el terreno en puntos del anillo diametralmente opuestos.
- Mediante una pica de cobre de 18 mm de diámetro y 2,00 m de longitud hincadas verticalmente en el terreno en apoyos monobloque y dos picas situadas en montantes opuestos en apoyos tetrabloque.

Los elementos de unión de los electrodos con el anillo o con los cables de PAT del apoyo deberán presentar la resistencia mecánica y contra los agentes externos (corrosión) suficiente para garantizar la conexión y durabilidad. Las soldaduras, si son precisas, serán aluminotérmicas o similares.

Las uniones utilizadas para conectar las partes conductoras de la red de tierras con los electrodos de puesta a tierra dentro de la propia red, tendrán las dimensiones adecuadas para asegurar una conducción eléctrica y un esfuerzo térmico y mecánico equivalente a los de los electrodos.

Una vez instalado el sistema de tierras se repondrá el terreno a su estado original.

5.7 INSTALACIÓN DE CONDUCTORES

5.7.1 TENDIDO DE CONDUCTORES

En este apartado se establecen una serie de instrucciones generales útiles para el correcto manejo y tendido de los cables desnudos.

Así mismo también se indican unas exigencias sobre el tratamiento que estos cables deben recibir desde que salen de la fábrica hasta que son instalados y puestos en servicio.

Se deberá proceder, durante las diversas operaciones, en términos máximos de orden y limpieza con el fin de evitar accidentes y dar una máxima eficiencia a los trabajos. Al final de la jornada se retirarán todos los materiales, maquinaria y útiles que sean posibles, por tanto, no deberán existir en el aérea de trabajo estos elementos, si no van a ser usados durante la jornada de trabajo.

El comienzo de los trabajos de tendido de los conductores y cables de tierra, será como mínimo de veintiocho (28) días después de la terminación del hormigonado de los apoyos.

Los caminos de acceso a los apoyos, serán preferentemente los utilizados durante la obra civil.

5.7.1.1 Manejo de bobinas

Como norma general:

Las bobinas nunca se dejarán caer al suelo

Si esto ocurre, se revisará los posibles daños al cable y se tomará datos de la incidencia ocurrida.

Una lesión al cable no detectado antes de su instalación, puede reducir la vida útil del cable.

Izado mediante grúa

Para el proceso de suspender la bobina, debe introducirse un eje o barra adecuados, que pase por el orificio central de los platos. Las cadenas o estrobos de izado no deberán presionar

contra los platos laterales de la bobina al quedar ésta suspendida, por lo que el útil que se utilice deberá poseer un separador de mayores dimensiones que el ancho de la bobina (ver figura 1).



Figura 1.-Izado de bobina

- Izado y transporte mediante carretilla elevadora

La bobina ha de quedar soportada por la parte inferior de los platos, de forma que la horquilla se apoye en los dos platos a la vez. El traslado de la carretilla será paralelo aleje de la bobina (ver figura 2).



Figura 2.- Transporte de bobina en carretilla elevadora

- Carga y descarga del camión o plataforma de transporte

La carga y descarga de la bobina al camión o plataforma, debe hacerse mediante grúa o carretilla elevadora.

Bajo ningún concepto se podrá retener la bobina con cuerdas, cables o cadenas que abracen la bobina, ya que podrían romper las duelas y apoyarse sobre la capa exterior del cable enrollado.

También es totalmente inadmisible dejar caer la bobina al suelo desde el camión o plataforma de transporte, incluso aunque la bobina sea pequeña y se utilice un amortiguador como arena (ver figura. 3).

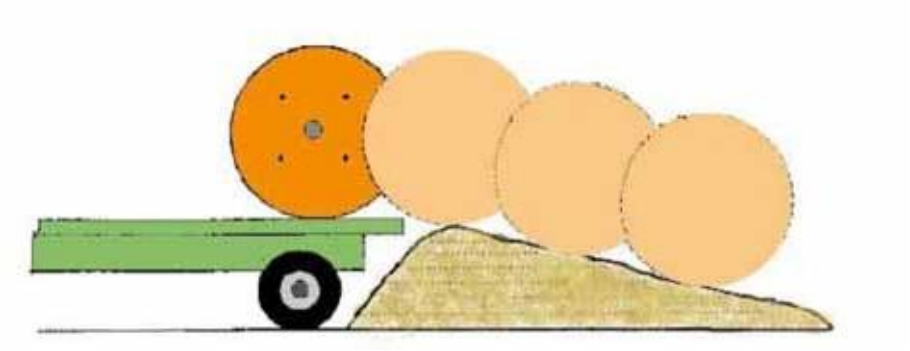


Figura 3.-Descarga de bobina

La descarga de la bobina sobre el terreno para el tendido del cable debe hacerse sobre suelo liso y de forma que la distancia a recorrer hasta la ubicación definitiva de la bobina para el tendido sea lo más corta posible.

En cualquiera de estas maniobras debe cuidarse la integridad de las duelas de madera con que se tapan las bobinas, ya que las roturas suelen producir astillas hacia el interior, con el consiguiente peligro para el cable.

Transporte mediante camión o plataforma de transporte

Las bobinas de cable se transportarán siempre de pie y nunca tumbadas sobre uno de los platos laterales.

Las bobinas estarán inmovilizadas por medio de cuñas adecuadas para evitar el desplazamiento lateral. Tanto las trabas como las cuñas es conveniente que estén clavadas en el suelo de la plataforma de transporte. El eje de la bobina se dispondrá preferentemente perpendicular al sentido de la marcha (ver figura 4).

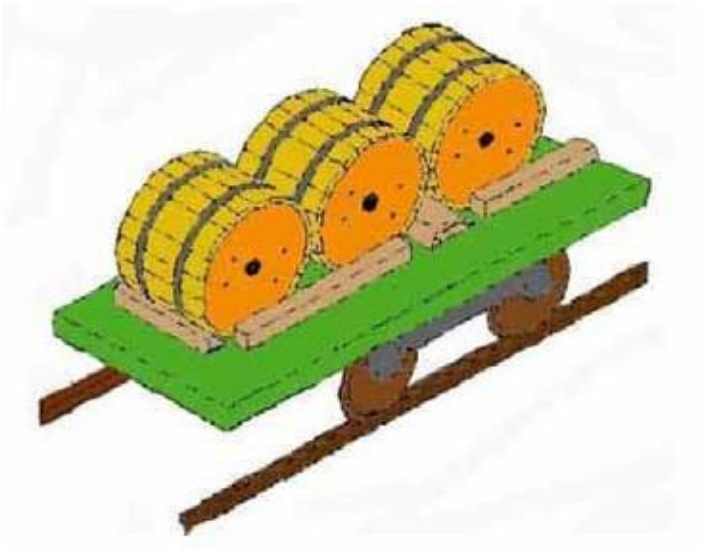


Figura 4.-Transporte de bobina

- Rodadura sobre el suelo

Hay que evitarla en lo posible, y sólo es aceptable para recorridos cortos. Para desplazar la bobina por el suelo haciéndola rodar, los suelos deben ser lisos y el sentido de rotación debe ser el mismo en que se enrolló el cable en la bobina al fabricarse. Normalmente, en los platos de la bobina se señala con una flecha el sentido en que debe desenrollarse el cable; sentido contrario al de rodadura de la bobina porel suelo.

De no haber indicación hay que hacerla rodar en sentido contrario al que sigue el cablepara desenrollarse; de esta forma se evita que el cable se afloje.

Si es necesario revirar la bobina en algún momento, se empleará un borneador que, apoyado en uno de los tornillos de fijación de los platos laterales, al tropezar con el suelo cuando gira la bobina, la impulsa hacia el lado contrario (ver figura 6).

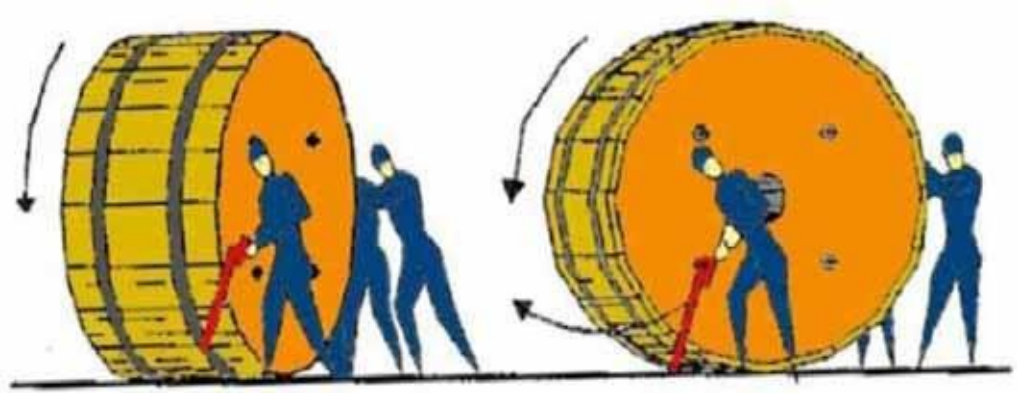


Figura 6.-Desplazamiento de bobina

- Apilado de bobinas

Hay que evitarlo en lo posible, especialmente sobre suelo blando.

Las bobinas con cable de poco peso y de las mismas dimensiones pueden almacenarse en línea con la parte convexa de los platos en contacto y con una segunda línea sobre la primera. En este caso los platos de las bobinas de la fila superior deben descansar justamente sobre los platos de las bobinas de la fila inferior, pues de lo contrario podrían romperse las duelas dañando la capa exterior del cable. No deben apoyarselos platos contra el cable ya que en este caso podríamos ocasionar deformidades o daños en el cable de imprevisibles consecuencias, si no son detectadas antes de su instalación

Asimismo, deben calzarse adecuadamente las bobinas extremas de la fila inferior para que no se separen, debido al peso de las bobinas de la fila superior (ver figura 7).

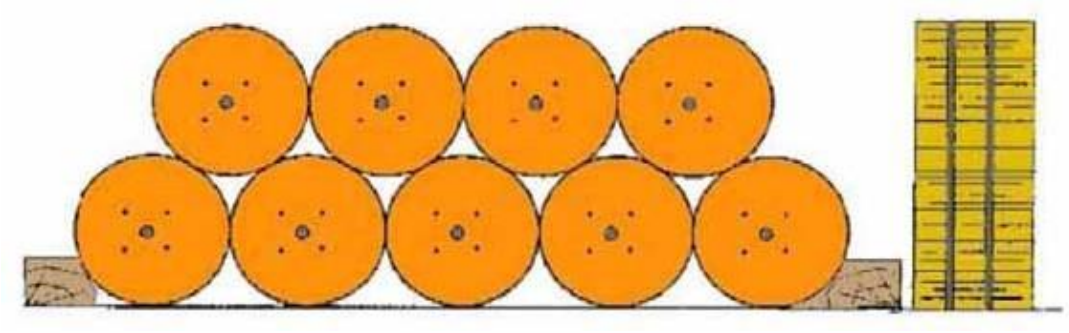


Figura 7.-Apilamiento de bobinas

- Almacenamiento a la intemperie

Siempre que sea posible debe evitarse la colocación de bobinas de cable a la intemperie, sobre todo si el tiempo de almacenamiento ha de ser prolongado, pues la madera puede deteriorarse considerablemente (especialmente los platos), lo que podría causar importantes problemas durante el transporte, elevación y giro de la bobina durante el tendido.

Como se ha comentado en el apartado anterior, el almacenamiento no debe hacerse sobre suelo blando, y debe evitarse que la parte inferior de la bobina esté permanentemente en contacto con agua. En lugares húmedos es aconsejable disponer de una aireación adecuada, separando las bobinas entre sí.

Si las bobinas han de estar almacenadas durante un período largo, es aconsejable cubrirlas para que no estén expuestas directamente a la intemperie.

- Ubicación de la bobina

Antes de empezar el tendido del cable se estudiará el lugar más adecuado para colocarla bobina con objeto de facilitar el mismo. En el caso de suelo con pendiente es preferible realizar el tendido en sentido descendente.

Si existen curvas o puntos de paso dificultoso próximos a uno de los extremos de la canalización, es preferible colocar la bobina en el otro extremo a fin de que durante el tendido quede afectada la menor longitud posible del cable.

Una vez ubicada la bobina, se procederá a colocarla en el elemento de elevación adecuado, gatos o alza bobinas y que deberán disponer de una base de apoyosuficientemente dimensionada para garantizar la estabilidad de la bobina durante el tendido, para que gire sin problemas y teniendo en cuenta las flechas de giro marcadas en los platos, si esta marca no existe, el cable deberá salir por la parte superior de la bobina hacia el punto de instalación.

5.7.1.2 Colocación de las cadenas de aisladores

La manipulación de los aisladores se hará con el mayor cuidado, no desembalándolos hasta el instante de su colocación.

Las cadenas de aisladores se limpiarán cuidadosamente antes de ser montadas en los apoyos. Su elevación o montaje se hará de tal manera que no sufran golpes, ni entre ellas, ni contra superficies duras y de forma que no se sometan a esfuerzos de flexión los vástagos que unen entre sí los elementos de la cadena, que podrían provocar el doblado y rotura de los mismos.

Se cuidará que todas las grupillas de fijación de los aisladores queden bien colocadas, abiertas, y de forma que su extremo pueda verse desde la torre.

Los tornillos, bulones y pasadores de los herrajes y aisladores se colocarán de forma que facilite la inspección desde el apoyo (tuercas y pasadores mirando hacia el apoyo).

En cualquier caso, el montaje se realizará conforme a los planos suministrados.

Se deberá tener especial cuidado en dar los pares de apriete indicados en los planos.

5.7.1.3 Tendido de conductores

El tendido de los cables consiste en desplegar los mismos a lo largo de la línea, pasándolos por las poleas situadas en los apoyos, las cuales se colocarán a la altura defijación de los cables.

Tanto el cabrestante como el freno deberán ser anclados sólidamente para que no se desplacen ni muevan en las peores condiciones de funcionamiento. Ambas máquinas deberán disponer de puesta a tierra en prevención de posibles descargas eléctricas sobre los conductores que se están tendiendo.

Se colocará la maquinaria de tiro y freno sobre una malla equipotencial colocada a tierra en sus cuatro extremos y unida a su vez a la propia maquinaría mediante latiguillo de cobre. Se dispondrá un perímetro señalizado de al menos 1,5 m en torno adicha malla con sendas alfombras aislantes en las zonas de acceso a su interior de 2 mde longitud mínima.

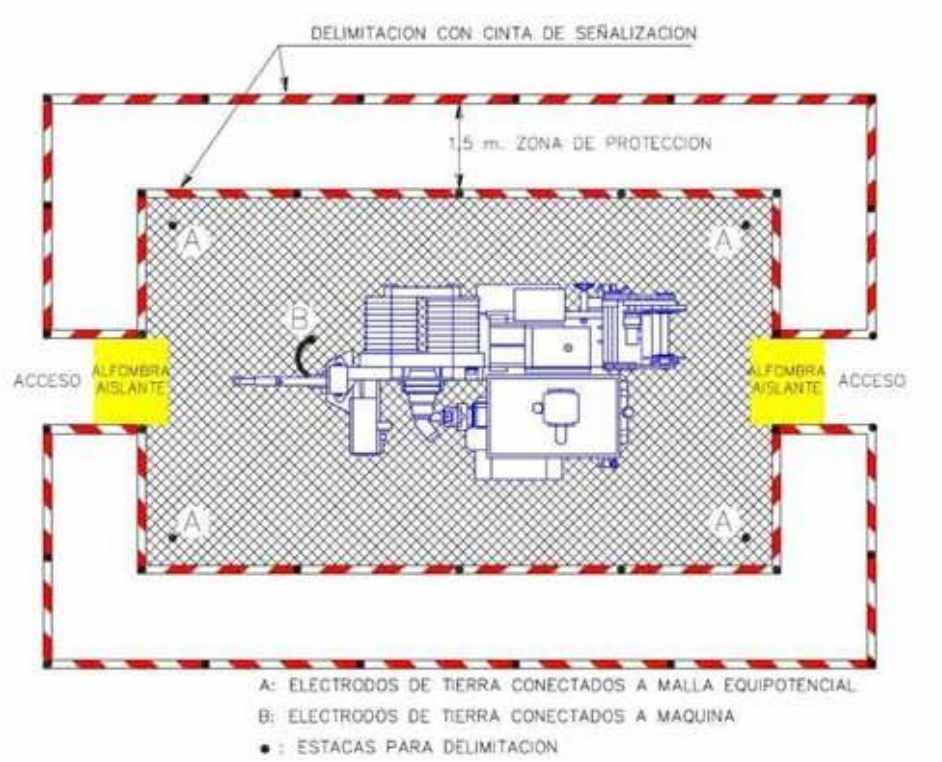


Figura 9.- Esquema de colocación de la PAT de las máquinas de tiro y freno

Deberá comprobarse que en todo momento los cables se deslizan suavemente sobrelas poleas.

Durante el tendido, en todos los puntos de posible daño del conductor, se situarán los operarios necesarios provistos de radioteléfonos y en disposición de poder detener la operación de inmediato. Los radioteléfonos se probarán antes del inicio de cualquiera de las operaciones de tendido, tensado o regulado.

Se elegirán las tiradas de cable de forma que en ningún caso queden empalmes en vanos.

El cable se sacará de las bobinas mediante el giro de las mismas.

El despliegue de los cables se realizará con máquina de frenado para evitar el rozamiento de los mismos con el suelo, árboles u otros obstáculos.

Se observará el estado de los cables a medida que vayan saliendo del tambor del frenocon objeto de detectar los posibles deterioros.

Las bobinas, como se ha comentado, se situarán alineadas con la máquina de freno, traza de la línea y cabrestante. El ángulo de tiro del cable con la horizontal no será superior a 21º (dos veces y media la altura de la torre en terreno llano).

La máquina de freno no deberá anclarse en ningún apoyo ni cimentación y deberá estar alineada con la fase que se tienda.

La tracción de tendido de los conductores será como mínimo la necesaria para que, venciendo la resistencia en la máquina de frenado, puedan desplegarse los cables evitando el

rozamiento con los obstáculos naturales a una altura suficiente, debiendo mantenerse constante durante el tendido de todos los cables. El valor máximo de esta tracción será el 70% de la necesaria para colocar los cables en flecha ó el marcado como límite.

Se podrá tender como máximo tres bobinas por fase si se dispone de la suficiente potencia en la máquina de tiro. La unión del cable entre bobinas se realizará por medio de camisas de punta y manguito giratorio.

Si se producen roturas de venas en los cables de aluminio, sobre cinco hilos o menos del conductor, se montarán varillas de reparación. Cuando la rotura de hilos sea mayor de cinco y menor del 25% del número total de hilos de aluminio, la reparación podrá hacerse mediante un manguito de reparación comprimiéndolo sobre el trozo averiado o seccionando el cable para hacer un empalme completo; todo ello, previa autorización del Director de Obra.

5.7.4.1 Equipo de tendido

El equipo para el proceso de tendido de los cables desnudos estará compuesto por máquina de frenado, poleas, cables piloto, cabrestante, equipos de compresión, mordazas, ranas, tiraderas, aparejos, poleas reenvío, etc.

- Poleas

La superficie de la garganta de las poleas será lisa, exenta de porosidades, rugosidades y canaladuras.

Las gargantas de las poleas deberán estar íntegramente recubiertas de una capa de neopreno, para evitar el daño que el piloto de acero pudiera ocasionar en la superficie de la garganta, que arañaría posteriormente al cable de aluminio.

El diámetro interior de la polea será como mínimo 20 veces mayor que el delconductor.

Para cables de Fibra Óptica se aplicarán las especificaciones del fabricante del mismo.

La profundidad de la garganta será como mínimo un 25% superior al diámetro delcable.

Las paredes de la garganta tendrán una pendiente, como mínimo, de 15º sobre la vertical, debiendo tener los bordes biselados.

El radio de la base de la garganta será, como mínimo, un 10% superior al radio delcable.

En general, en cuanto a dimensiones y reglas constructivas de las poleas, deberán cumplir con la Norma UNE 21.100.

Cada polea estará montada sobre rodamientos blindados y auto lubricados. Si no esasí, llevarán dispositivos adecuados para engrase.

Las armaduras estarán dispuestas de forma que no puedan existir rozamientos entre éstas y las poleas y dispondrán de protecciones que eviten daños en el cable por descarrilamiento.

Cuando se utilicen cuadernales (conjunto de poleas sobre el mismo bastidor), se dispondrá de separadores entre poleas, de forma que la distancia entre centros de gargantas no sea inferior a

cinco veces el diámetro del cable. Se deberá comprobar que el cierre del cuadernal está dotado de un sistema que impida su apertura accidental.

- Pull-lift

Los pull-lift empleados para regular y hacer amarres en altura tendrán una capacidadde mínima de trabajo de 6.000 kg.

- Cables piloto

Deberán ser flexibles y anti giratorios, montando además, sobre ellos bulones derotación para compensar los efectos de torsión.

- Cables de atirantado y arriostrado

Deberán de ser de acero galvanizado de 6x37+1 con una resistencia específica de alambre de al menos 180 kg/mm2. Se emplearán como mínimo los siguientes diámetros:

Atirantado de apoyos a muertos, cable de 20 mm de diámetro ycarga de rotura 190 kN.

Atirantado de conductores a muertos, cable de 18 mm de diámetro ycarga de rotura de155 kN.

Atirantado de conductores a crucetas, cable de 18mm de diámetroforrados y carga de rotura de 155kN.

- Equipos de compresión

Los equipos de compresión necesarios y sus matrices correspondientes deberán cumplir los requerimientos del fabricante de los accesorios de compresión.

Deberán cumplir con lo estipulado en el RD 1215/97 o la legislación correspondienteen vigor.

5.7.2 TENSADO Y REGULADO

5.7.2.1 Tensado

Es la operación que consiste en poner en su flecha aproximada los cables de la serie.

Antes de proceder al tensado de los conductores, las torres de amarre y sus crucetas deberán ser venteadas de forma adecuada.

El tensado se realizará con la maquinaria adecuada (Cabestrante y Máquina de freno descritos en el punto 3), que deberá ser colocada, siempre que sea posible, de maneraque se limite el ángulo máximo de tiro del cable con la horizontal a 21º (dos veces y media la altura de la torre en terreno llano).

Previamente a poner en flecha los conductores, éstos se amarrarán en uno de sus extremos, por medio de las cadenas correspondientes.

Los cables deberán permanecer sin engrapar un mínimo de 48 horas, colocados en su flecha sobre poleas antes del regulado, al objeto que se produzca el acoplamiento de los mismos.

En las torres, cuando proceda se ventearán las crucetas al cuerpo de la torre.

5.7.2.2 Regulado

Una vez transcurridas las 48 horas, se procederá a la operación de regulado, que consiste en poner los cables a la flecha indicada en las tablas de tendido.

Para efectuar la operación de regulado, se divide la longitud de la línea en tramos de longitud variable, según sea la situación de los apoyos de amarre. A cada uno de estos tramos se le denominará "Serie".

En la documentación constructiva de la obra se fijará para cada serie, los vanos de regulación y comprobación que estime oportunos, así como las flechas que han de medirse en los mismos.

Dependiendo de la longitud de la serie, el perfil del terreno, y la uniformidad de los vanos, podrán establecerse los siguientes casos:

- 1 vano de regulación.
- 1 vano de regulación y 1 vano de comprobación.
- 1 vano de regulación y 2 vanos de comprobación.
- 2 vanos de regulación y 3 vanos de comprobación.

No debiendo quedar más de tres vanos consecutivos sin comprobar.

5.7.3 ENGRAPADO Y COLOCACIÓN DE HERRAJES COMPLEMENTARIOS

En la operación de engrapado se utilizarán herramientas no cortantes para evitar daños en los cables de aluminio.

Grapas de suspensión

En las líneas de cable único por fase, se marcará el cable en el punto de tangencia con la polea en todas las cadenas de suspensión de la serie. La marca se hará de forma que no se borre ni dañe el conductor.

El marcado de cada fase, se realizará simultáneamente, evitando cualquier diferencia de temperatura y se desarrollará de forma inmediata al regulado.

En las líneas con conductores en haces múltiples, en primer lugar se igualarán los cables del haz entre sí, tomando como referencia en cada vano el cable más tensado y una vez igualados se marcarán lo mismo que en el caso de cable único por fase.

La suspensión de los conductores se hará por medio de útiles adecuados para evitar daños al conductor.

El apriete de los tornillos en grapas de estribos (GS) se realizará de forma adecuada y alternativa para conseguir una presión uniforme, evitando que la grapa pueda romperse por esfuerzos de flexión. En el caso de grapas de suspensión armadas (GAS), se pondrá especial cuidado en el montaje de las gomas y las varillas, de forma que el conjunto quede perfectamente centrado y ninguna varilla remontada.

Si hubiera alguna dificultad para encajar algún elemento de los herrajes, éste no podrá ser forzado ni golpeado y se cambiará por otro, devolviendo el defectuoso al almacén.

Simultáneamente a la operación de engrapado, se instalarán las varillas de protección preformadas si fuera preciso, en el caso de grapas de estribos.

En el caso de que fuera necesario desplazar la grapa de estribos sobre el conductor para conseguir el aplomado de las cadenas de aisladores, este desplazamiento nunca se hará a golpes. Primeramente, se suspenderá el conductor y después se aflojará la grapa, corriéndola a mano hasta donde sea necesario. En el caso de grapas de suspensión armadas, se procederá al desmontaje de

Grapas de amarre

Una vez engrapadas las cadenas de suspensión de la serie, se procederá a efectuar el de las cadenas de amarre, tras lo cual se comprobarán nuevamente las flechas de los vanos de regulación y comprobación.

Las cadenas de amarre para fases múltiples dispondrán de alargaderas regulables, que permitirán corregir en Protocolo los defectos de regulado de los conductores.

La compresión de las grapas se ajustará a las instrucciones facilitadas por el fabricante.

La "derivación" de unión de la grapa de amarre con el puente donde se establece el contacto eléctrico, se entregará cubierta con una goma especial, que no se deberá quitar hasta el momento del montaje de los puentes.

5.7.4 TOLERANCIAS EN EL TENDIDO

Montaje de puentes

El montaje de puentes en apoyos de amarre se realizará de forma que la distancia medida en vertical desde la punta de cruceta hasta el conductor del puente sea de 1,6 metros.

Se aceptará una tolerancia en el montaje de +/- 5cm.

Tolerancias en flechas

La medición de las flechas se realizará con aparatos topográficos de precisión debidamente calibrados y de acuerdo a la norma UNE 21.101 "Método para la medición en el campo de las flechas de los conductores o cables de tierra".

Se acepta durante el montaje, la utilización del "método de tablillas", reservándose el derecho de pedir las comprobaciones que se estimen convenientes, por otro método aceptado por la buena práctica.

Los errores admitidos en las flechas de los conductores y cables de tierra serán:

- Para cada cable independiente:

En los vanos de regulación y comprobación, ± 2% de la flechateórica con un máximo de ± 50 cm.

En el resto de los vanos, las tolerancias anteriores afectadas por elcoeficiente 1,20.

- Para el conjunto de los cables:

Tanto en el plano vertical como en el horizontal, respecto a los de suplano ± 2% de la flecha teórica, con un máximo de ± 50 cm.

- Haces de conductores (dúplex):

La diferencia de flechas entre los sub-conductores situados en elmismo plano horizontal no será superior al diámetro del cable.

5.8 CONTROLES DE CALIDAD

5.8.1 HORMIGÓN

Se realizarán probetas de hormigón cilíndricas de 15 cm. de diámetro y 30 cm. de altura, con objeto de someterlas a ensayos de compresión cuando sea requerido por el Director de Obra.

Éstas serán ensayadas en laboratorio autorizado.

Una vez estudiados los resultados y si no superan los criterios de aceptación del presente pliego o del Director de Obra, el Contratista tomará a su cargo la demolición y ejecución de nuevo de las obras ejecutadas con hormigón que hayan resultado de insuficiente calidad.

5.8.2 ANCLAJES

Será necesaria la comprobación de las inclinaciones y nivelación de los anclajes del apoyo antes del izado.

5.8.3 APOYOS

Una vez izado el apoyo, la falta de verticalidad del mismo no podrá ser superior al 0,2%de la altura del apoyo. Esta comprobación se realizará mediante métodos topográficos.

Se comprobará la linealidad de las barras, fundamentalmente los montantes, no permitiéndose una flecha superior al 2% de su longitud.

No se permitirá hacer o agrandar taladros, quitar rebabas, enderezar barras o cortar a ingletes.

5.8.4 PUESTA A TIERRA

Antes de la puesta en funcionamiento de la instalación se comprobará que el valor de la resistencia en todos los apoyos se ajusta a lo especificado en el Reglamento y si no fuera así, se procederá a la mejora de la puesta a tierra con otras disposiciones (anillos perimetrales y/o antenas y picas, o perforaciones profundas), cuyo fin es rebajar el gradiente de potencial en las proximidades del apoyoy disminuir la resistencia de difusión a tierra del apoyo hasta alcanzar los valores preestablecidos.

Medidas de resistencia de puesta a tierra

La medida de resistencia de puesta a tierra (P.A.T.) consiste en obtener, mediante el instrumento adecuado, los valores resistivos de todo el conjunto de picas, anillos y picas en antena que componen la PAT de cada apoyo de una línea.

Los pasos a seguir para las medidas de P.A.T. se describen en el procedimiento específico para las Medidas de Resistencia de las P.A.T. en la Red de A.T.

Según se determina en el mismo, la medida de la P.A.T. de los apoyos de las líneas que dispongan de conductor de tierra (cable de guarda) o F.O. se realizará mediante telurómetro de baja frecuencia si se desconecta la PAT del apoyo, uniendo las diferentes conexiones del anillo de tierra entre sí. Se admite la medida de la PAT sin desconectar sise realiza mediante un telurómetro de alta frecuencia.

Para apoyos sin cable de tierra o F.O., no es necesario desconectar la PAT para realizarla medida con un telurómetro de baja frecuencia.

Medida de tensiones de paso y contacto

Para la medición de la tensión de contacto aplicada deberá usarse un método por inyección de corriente.

Se emplearán fuentes de alimentación de potencia adecuada para simular el defecto, de forma que la corriente inyectada sea suficientemente alta, a fin de evitar que las medidas queden falseadas como consecuencia de corrientes vagabundas o parásitas circulantes por el terreno. En cualquier caso la corriente inyectada no será inferior a 50 A.

Las mediciones se realizarán según se indica en el RD 223/2008.

Bibliografía

[1] distribución, E.-O. (Noviembre de 2013). *Proyecto tipo de líneas de alta tensión aéreas*. Obtenido de https://industria.gob.es/Calidad-Industrial/seguridadindustrial/instalacionesindustriales/lineas-alta-tension/Documents/proyectos-vigentes-anulados/eon-distribucion/YE-LAAT.01_1.pdf

ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

Línea de evacuación simple circuito 220 kV
para un parque eólico de 180 MW

Manuel Arjona Carrasco
25/08/2022

2ºA
Máster en Ingeniería Industrial y MBA

Índice

1. OBJETIVO 3
2. DATOS GENERALES DE LA OBRA 3
3. NORMATIVA APLICABLE 4
4. OBLIGACIÓN DEL PROMOTOR 5
5. EL COORDINADOR DE SEGURIDAD Y SALUD 6
6. CONTRATISTA Y SUBCONTRATISTA 6
7. OBLIGACIONES DE LOS TRABAJADORES 7
8. LIBRO DE INCIDENCIAS 8
9. DERECHO DE LOS TRABAJADORES 8
10. PREVENCIÓN DE RIESGOS PROFESIONALES 8
11. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS 10
12. INSTALACIÓN ELÉCTRICA PROVISIONAL DE OBRA 19
13. SEÑALIZACIÓN 20

1. OBJETIVO

El objeto del presente Estudio de Seguridad y Salud es la redacción de los documentos necesarios que definan, en el marco del Real Decreto 1627/1991, de 24 de Octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, las previsiones y desarrollo de las soluciones necesarias para los problemas de ejecución de la obra, y la prevención de riesgos de accidentes preceptivas de sanidad, higiene y bienestar de los trabajadores durante el desarrollo de la misma.

En aplicación de este Estudio de Seguridad y Salud de la obra, cada contratista, subcontratista y trabajadores autónomos, elaborarán un plan de seguridad y salud en el trabajo, en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en este estudio.

2. DATOS GENERALES DE LA OBRA

Proyecto	Línea de Evacuación 220 kV
Autoría	Manuel Arjona Carrasco
Presupuesto de Ejecución Material	1.593.156,18 €
Plazo de ejecución previsto	8 meses

Las unidades constructivas que componen la presente obra son:

- Replanteo.
- Desbroce.
- Excavación.
- Cimentación.
- Armado e izado de apoyos
- Instalación de conductores desnudos.
- Instalación de aisladores.
- Instalación de crucetas.
- Instalación de aparatos de seccionamiento y corte (interruptores, seccionadores, fusibles...)
- Instalación de limitadores de sobretensión
- Instalación de transformadores tipo intemperie sobre apoyos.
- Instalación de dispositivos antivibraciones.

- Medida de altura de conductores.
- Detección de partes en tensión.
- Interconexión entre elementos.
- Conexión y desconexión de líneas o equipos.
- Puesta a tierra y conexiones equipotenciales.

3. NORMATIVA APLICABLE

Normas oficiales.

Son de obligado cumplimiento todas las disposiciones legales o reglamentarias, resoluciones y cuantas otras fuentes normativas contengan concretas regulaciones en materia de Seguridad e Higiene en el trabajo, propias de la Industria Eléctrica o de carácter general, que se encuentren vigentes y sean de aplicación durante el tiempo en el que subsista la relación contractual promotor-contratista, según las actividades a realizar.

En particular:

- Ley 8/1980, de 1 de marzo, del Estatuto de los Trabajadores
- Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo (9 de marzo de 1.971).
- Homologación de medios de Protección personal de los trabajadores (BOL. de 29 de mayo de 1.974. Orden de 15 de julio de 1.974).
- Estatuto de los Trabajadores (Ley 811.980, de 20 de marzo).
- Ley de Prevención de Riesgos Laborales (Ley 31/1.995, de 8 de noviembre).
- Real Decreto 39/1.997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Orden de 27 de junio de 1.997, por la que se desarrolla el RD 39/1.997, de 17 de enero.
- Real Decreto 485/1.997, de 14 de abril, sobre disposiciones mininas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 486/1.997, de 14 de abril, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 487/1.997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañen riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores.
- Real Decreto 773/1.997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad

y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

- Real Decreto 949/1.997, de 20 de junio, por el que se establece el certificado de profesionalidad de la ocupación de prevencionista de riesgos laborales.
- Real Decreto 1215/1.997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 1627/1.997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.
- Real Decreto 223/2008 de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.
- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y de Garantía de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de transformación (Decreto 3275/1 .982 de 12 de noviembre) e instrucciones Técnicas Complementarias.

Normas específicas.

Dentro de estas Normas deben tener especialmente en cuenta todas las Recomendaciones, Prescripciones e Instrucciones de la Asociación de Medicina y Seguridad en el Trabajo de UNESA para la Industria Eléctrica (AMYS), que se recogen en:

- "Prescripciones de Seguridad para trabajos y maniobras en instalaciones eléctricas".
- "Prescripciones de Seguridad para trabajos mecánicos y diversos".
- Instrucción General para la realización de los trabajos en tensión en Alta Tensión y sus Desarrollos.
- Instrucción General para la realización de los trabajos en tensión en Baja Tensión y sus Desarrollos.

4. OBLIGACIÓN DEL PROMOTOR

El promotor está obligado a incluir el presente Estudio de Seguridad y Salud, como documento del Proyecto de Obra.

Antes del inicio de los trabajos, designará un coordinador en materia de seguridad y salud, cuando en la ejecución de las obras intervengan más de una empresa, o empresas y trabajadores autónomos, o diversos trabajadores autónomos.

La designación de coordinadores en materia de seguridad y salud no eximirá al promotor de sus responsabilidades.

El promotor deberá efectuar un aviso a la autoridad laboral competente antes del comienzo de las obras, que se redactará con arreglo a lo dispuesto en el Anexo III del R.D. 1627/1997, de 24 de octubre, debiendo exponerse en la obra de forma visible y actualizándose si fuera necesario.

5. EL COORDINADOR DE SEGURIDAD Y SALUD

El Coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra, deberá coordinar los principios generales de prevención y de seguridad, tomando las decisiones técnicas y de organización con el fin de planificar los distintos trabajos o fases que vayan a desarrollarse simultánea o sucesivamente.

Deberá coordinar las actividades de la obra para garantizar que los contratistas y, en su caso, los subcontratistas y los trabajadores autónomos, apliquen de manera coherente y responsable los principios de la acción preventiva que se recogen en el artículo 15 de la Ley de prevención de Riesgos Laborales durante la ejecución de la obra y, en particular, en las tareas o actividades a que se refiere el artículo 10 del Decreto 1627/1997 de 24 de octubre, sobre disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.

El Coordinador deberá aprobar el Plan de Seguridad y Salud elaborado por el contratista y, en su caso, las modificaciones introducidas en el mismo.

Así mismo organizará la coordinación de actividades empresariales previstas en el artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y coordinará las acciones y funciones de control de la aplicación correcta de los métodos de trabajo.

El Coordinador deberá adoptar las medidas necesarias para que sólo las personas autorizadas puedan acceder a la obra.

6. CONTRATISTA Y SUBCONTRATISTA

Estarán obligados a aplicar los principios de la acción preventiva que se recogen en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, cumplir y hacer cumplir a su personal lo establecido en el Plan de Seguridad y Salud e informar y proporcionar las instrucciones adecuadas a los trabajadores autónomos sobre todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que se refiere a seguridad y salud en la obra.

Deberán atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra.

Los contratistas y subcontratistas serán responsables de la ejecución correcta de las medidas preventivas fijadas en el plan de seguridad y salud en lo relativo a las obligaciones que les correspondan a ellos directamente o, en su caso, a los trabajadores autónomos por ellos contratados

Además, los contratistas y subcontratistas responderán solidariamente de las consecuencias que se deriven del incumplimiento de las medidas previstas en el plan en los términos del apartado 2 del artículo 42 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

Las responsabilidades de los coordinadores, de la dirección facultativa y del promotor no eximirán de sus responsabilidades a los contratistas y a los subcontratistas.

7. OBLIGACIONES DE LOS TRABAJADORES

Los trabajadores autónomos están obligados a:

- Aplicar los principios de la acción preventiva que se recoge en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, y en particular:
    - Mantenimiento de la obra en buen estado de orden y limpieza
    - Almacenamiento y evacuación de residuos y escombros
    - Recogida de materiales peligrosos utilizados.
    - Adaptación del periodo de tiempo efectivo que habrá de dedicarse a losdistintos trabajos o fases de trabajo.
    - Cooperación entre todos los intervinientes en la obra
    - Interacciones o incompatibilidades con cualquier otro trabajo o actividad.
    - Cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el Anexo IV del R.D. 1627/1997.
- Ajustar su actuación conforme a los deberes sobre coordinación de las actividades empresariales previstas en el artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, participando en particular en cualquier medida de actuación coordinada que se hubiera establecido.
- Cumplir con las obligaciones establecidas para los trabajadores en el artículo 29, apartados 1 y 2 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Utilizar equipos de trabajo que se ajusten a lo dispuesto en el R.D. 1215/1997.
- Elegir y utilizar equipos de protección individual en los términos previstos en el R.D. 773/1997.
- Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del coordinador en materia de seguridad y salud.

Los trabajadores autónomos deberán cumplir lo establecido en el plan de seguridad y salud.

8. LIBRO DE INCIDENCIAS

En cada centro de trabajo existirá, con fines de control y seguimiento del plan de seguridad y salud, un libro de incidencias que constará de hojas duplicadas y que será facilitado por el colegio profesional al que pertenezca el técnico que haya aprobado el plan de seguridad y salud.

Deberá mantenerse siempre en obra y en poder del coordinador. Tendrán acceso al libro, la Dirección Facultativa, los contratistas y subcontratistas, los trabajadores autónomos, las personas con responsabilidades en materia de prevención de las empresas intervinientes, los representantes de los trabajadores, y los técnicos especializados de las Administraciones Públicas competentes en esta materia, quienes podrán hacer anotaciones en el mismo.

Efectuada una anotación en el libro de incidencias, el coordinador estará obligado a remitir en el plazo de 24 h una copia a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en que se realiza la obra. Igualmente notificará dichas anotaciones al contratista y a los representantes de los trabajadores.

9. DERECHO DE LOS TRABAJADORES

Los contratistas y subcontratistas deberán garantizar que los trabajadores reciban una información adecuada y comprensible de todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que se refiere a seguridad y salud en la obra.

Una copia del plan de seguridad y salud y de sus posibles modificaciones, a los efectos de su conocimiento y seguimiento, será facilitada por el contratista a los representantes de los trabajadores en el centro de trabajo.

10. PREVENCIÓN DE RIESGOS PROFESIONALES

Protecciones individuales generales.

- Cascos: para todas las personas que participan en obra, incluidos visitantes.
- Guantes de uso general.
- Guantes de goma.
- Guantes de soldador.
- Guantes diacetílicos.
- Botas de agua.
- Botas de seguridad de lona.
- Botas de seguridad de cuero.

- Botas dialécticas.
- Gafas de soldador.
- Gafas de seguridad antiproyecciones.
- Pantalla de soldador.
- Mascarillas antipolvo.
- Protectores auditivos.
- Polainas de soldador.
- Manguitos de soldador.
- Mandiles de soldador.
- Cinturón de seguridad de sujeción.
- Cinturón antivibratorio.
- Chalecos reflectantes.

Protecciones colectivas generales.

- Pórticos protectores de líneas eléctricas.
- Vallas de limitación y protección.
- Señales de seguridad.
- Cintas de balizamiento.
- Redes.
- Soportes y anclajes de redes.
- Tubo sujeción cinturón de seguridad.
- Anclaje para tubo.
- Balizamiento luminoso.
- Extintores.
- Interruptores diferenciales.
- Toma de tierra.
- Válvula antiretroceso.

- Riegos.

Formación.

Todo personal debe recibir, al ingresar en la obra, una exposición de los métodos de trabajo y los riesgos que éstos pudieran entrañar, juntamente con las medidas de seguridad que deberá emplear.

Eligiendo al personal más cualificado impartirán cursillos de socorrismo y primeros auxilios, de forma que todos los trabajos dispongan de algún socorrista.

Se informará a todo el personal interviniente en la obra, sobre la existencia de productos inflamables, tóxicos, etc. y medidas a tomar en cada caso.

Medicina preventiva y primeros auxilios:

Se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- Botiquín: Deberá existir en la obra al menos un botiquín con todos los elementos suficientes para curas, primeros auxilios, dolores, etc.
- Asistencia a accidentados: Se deberá informar a la obra del emplazamiento de los diferentes Centros Médicos, Residencia Sanitaria, médicos, ATS., etc., donde deba trasladarse a los posibles accidentados para un más rápido y efectivo tratamiento, disponiendo en la obra de las direcciones, teléfonos, etc., en sitios visibles.
- Reconocimiento Médico: todo el personal que empiece a trabajar en la obra deberá pasar un reconocimiento médico previo que certifique su aptitud.
- Instalaciones: se dotará a la obra, si así se estima en el correspondiente Plan de Seguridad, de todas las instalaciones necesarias, tales como:
    - Almacenes y talleres.
    - Vestuarios y Servicios.
    - Comedor o, en su defecto, locales particulares para el mismo fin.

11. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS

El análisis de los riesgos existentes en cada fase de los trabajos se ha realizado en base al proyecto y a la tecnología constructiva prevista en el mismo. De cualquier forma, puede ser variada por el Contratista siempre y cuando se refleje en el Plan de Seguridad y Salud, adaptado a sus medios.

Fase de actuaciones previas.

En esta fase se consideran las labores previas al inicio de las obras, como puede ser el replanteo, red de saneamiento provisional para vestuarios y aseos de personal de obra.

Riesgos Detectables.

- Atropellos y colisiones originados por maquinaria.
- Vuelcos y deslizamientos de vehículos de obra.
- Caídas en el mismo nivel.
- Torceduras de pies.
- Generación de polvo.

Medidas de seguridad.

- Se cumplirá la prohibición de presencia de personal, en las proximidades y ámbito de giro de maniobra de vehículos y en operaciones de carga y descarga de materiales.
- La entrada y salida de camiones de la obra a la vía pública, será debidamente avisada por persona distinta al conductor.
- Será llevado un perfecto mantenimiento de maquinaría y vehículos.
- La carga de materiales sobre camión será correcta y equilibrada y jamás superará la carga máxima autorizada.
- El personal irá provisto de calzado adecuado.
- Todos los recipientes que contengan productos tóxicos o inflamables estarán herméticamente cerrados.
- No se apilarán materiales en zonas de paso o de tránsito, retirando aquellos que puedan impedir el paso.

Prendas de protección personal.

- Casco homologado.
- Mono de trabajo y en su caso, trajes de agua y botas de goma de media caña.
- Empleo de cinturones de seguridad por parte del conductor de la maquinaría si no está dotada de cabina y protección antivuelco.
- Mascarillas antipolvo con filtro mecánico.

Fase de acopio de material.

Riesgos Detectables.

- Caídas de objetos
- Golpes.
- Heridas
- Sobreesfuerzos.

Medidas de seguridad.

- Antes de comenzar el acopio de material a los lugares de trabajo, se deberá realizar un reconocimiento del terreno, con el fin de escoger la mejor ruta.
- En el caso en que para acceder al lugar de trabajo fuera necesario adecuar o construir una ruta de acceso, esta deberá realizarse con la maquinaria y medios adecuados.

Prendas de protección personal.

- Guantes comunes de trabajo de lona y piel flor.
- Ropa de trabajo cubriendo la mayor parte del cuerpo.
- Botas reforzadas.

Carga y descarga de materiales.

Riesgos Detectables.

- Caída de operarios al mismo nivel.
- Caída de objetos.

Medidas de seguridad.

- Con el fin de evitar posibles lesiones en la columna vertebral, el operario llevará a cabo el levantamiento de la carga realizando el esfuerzo con las piernas, y manteniendo en todo momento la columna recta.
- Un operario no podrá levantar más de 50 Kg en la carga y descarga manual. En el caso en concreto en que la carga fuera superior a la cantidad límite, se deberá realizar entre más trabajadores.
- En el caso en que el acarreo de pesos se estime en una duración superior a las 4 horas de trabajo continuadas, el peso máximo a acarrear será de 25 Kg., o bien deberán utilizarse medios mecánicos adecuados.
- Para la carga y descarga con medios mecánicos, la maquinaria a emplear deberá ser la adecuada (grúa, pala cargadora, etc.) y su maniobra deberá ser dirigida por personal especializado, no debiéndose superar en ningún momento la carga máxima autorizada.
- Todas las máquinas que participen en las operaciones deberán estar correctamente estabilizadas. La elevación de la carga deberá realizarse de forma suave y continuada.
- En el transcurso de operaciones de carga y descarga, ninguna persona ajena se acercará al vehículo. Debe acotarse el entorno y prohibirse el permanecer o trabajar dentro del radio de acción del brazo de una máquina
- Nunca permanecerá ni circulará personal debajo de las cargas suspendidas, ni permanecerá sobre las cargas.
- Para la descarga de bobinas de conductores, se emplearán cuerdas, rampas, raíles...

- Bajo ningún concepto se hará rodar la bobina por un solo canto.
- Se prohíbe el acopio de materiales a menos de 2 metros de las coronaciones de taludes.

Prendas de protección personal

- Guantes adecuados
- Ropa de trabajo
- Botas de seguridad
- Fajas antilumbago

Movimientos de tierras y excavación.

Riesgos Detectables.

- Choque, atropellos y atrapamientos ocasionados por la maquinaria.
- Vuelcos y deslizamientos de las máquinas.
- Caídas en altura del personal que intervienen en el trabajo.
- Generación de polvo.
- Desprendimiento de tierra y proyección de rocas.
- Caídas de personal al interior de pozos.
- Caídas a distinto nivel.

Medidas de seguridad.

- En el caso de uso de herramientas, debido a las reducidas dimensiones que generalmente tendrán los hoyos, se recomienda que sea un único trabajador el que permanezca en su interior, para evitar accidentes por alcance entre ellos de las herramientas a emplear.
- Los picos, palas y otras herramientas deberán estar en buenas condiciones.
- En el caso de hoyos con probable peligro de derrumbamiento de paredes, nunca deberá quedar un operario solo en su interior, sino que en el exterior de hoyo debe permanecer, al menos, otro operario, para caso de auxilio.
- Las maniobras de las máquinas estarán dirigidas por persona distinta al conductor.
- Los escombros procedentes de la excavación deberán situarse a una distancia adecuada del hoyo, para evitar la caída al interior del mismo.
- Los pozos de cimentación se señalizarán para evitar caídas del personal a su interior desde su realización hasta que sean rellenados.
- Durante la ausencia de los operarios de la obra, los hoyos serán tapados con

tablones u otros elementos adecuados.

- Se cumplirá la prohibición de presencia del personal en la proximidad de las máquinas durante su trabajo.
- Durante la retirada de árboles no habrá personal trabajando en planos inclinados con fuerte pendiente.
- Mantenimiento correcto de la maquinaria.
- Al proceder a la realización de excavaciones, correcto apoyo de las máquinas excavadoras en el terreno.
- Si se realizan excavaciones de hoyos en roca que exijan uso de explosivos, la manipulación de estos deberá ser realizada por personal especializado, con el correspondiente permiso oficial y poseedor del carné de dinamitero.
- En caso de que sobrase dinamita, se entregará en el Cuartel de la Guardia Civil o se destruirá en obra.

Prendas de protección personal.

- El equipo de los operarios que efectúen las labores de excavación estará formado por: ropa adecuada de trabajo, guantes adecuados, casco de seguridad, botas reforzadas y gafas antipolvo reforzadas si existiese la posibilidad de que pueda penetrar tierra y otras partículas en los ojos.
- Empleo del cinturón de seguridad por parte del conductor de la maquinaria.

Cimentación.

Riesgos Detectables.

- Caída de persona y/o objetos al mismo nivel.
- Caída de persona y/o objetos a distinto nivel.
- Contactos con el hormigón por salpicaduras en cara y ojos.
- Quemadura de la piel por la acción del cemento.
- Caída de la hormigonera por efecto del volteo por no estar suficientemente nivelada y sujeta.

Medidas de seguridad.

Vertidos directos mediante canaleta.

- Se instalarán fuertes topes de recorrido de los camiones hormigonera, para evitar vuelcos.
- Se prohíbe acerar las ruedas de los camiones hormigoneras a menos de 2 metros del borde de la excavación.
- Se prohíbe situar a los operarios detrás de los camiones hormigonera durante el retroceso.

- La maniobra de vertidos será dirigida por u capataz que vigilará que no se realicen maniobras inseguras.

Vertidos directos mediante cubo o cangilón.

- Se prohíbe cargar el cubo por encima de la carga máxima admisible de la grúa que lo sustenta.
- Se señalizará, mediante una traza horizontal ejecutada con pintura en color amarilla, el nivel máximo de llenado del cubo para no sobrepasar la carga admisible.
- La apertura del cubo para vertido se ejecutará exclusivamente accionando la palanca para ello, con las manos protegidas con guantes impermeables
- La maniobra de aproximación se dirigirá mediante señales preestablecidas fácilmente inteligibles por el gruista.

En general habrá que tomar las siguientes medidas preventivas:

- Ningún trabajador con antecedentes de problemas cutáneos participará en las labores de hormigonado.
- Si por alguna causa, algún trabajador sufriese lesiones por acción del cemento, se deberá notificar la aparición de las mismas lo antes posible, con el fin de evitar la cronificación y nuevas sensibilizaciones.
- Si el amasado se realiza con hormigonera in situ, ésta deberá estar correctamente nivelada y sujeta.
- Los trabajadores deberán tener especial cuidado con:
  - No utilizar prendas con elementos colgantes y que no sean de la talla adecuada.
  - No exponer la piel al contacto con el cemento.
  - Realizar las operaciones con las debidas condiciones de estabilidad.
  - No manejar elementos metálicos sin usar guantes adecuados.
  - Utilizar el casco protector y gafas de protección si existe riesgo de que penetren partículas en los ojos.

Prendas de protección personal

- Guantes adecuados
- Ropa de trabajo
- Botas de seguridad
- Fajas antilumbago

Izado y armado de apoyos.

Riesgos Detectables.

- Caída de personal desde altura
- Atrapamientos.
- Golpes y heridas.

Medidas de seguridad.

- No participarán en el armado de apoyos ningún operario con antecedentes de vértigo o epilepsia.
- Los desplazamientos de operarios por los apoyos se realizarán con las manos libres y siempre bien sujetos por el cinturón de seguridad.
- Se utilizarán grúas adecuadas (camión grúa, pluma...) según el peso y la altura, para el izado del apoyo. Cuidándose mucho de no sobrepasar la carga máxima autorizada.
- El manejo de la misma lo realizará siempre personal especializado.
- La grúa deberá estar en todo momento perfectamente nivelada.
- La elevación de las cargas deberá realizarse lentamente, evitando todo arranque o paro bruscos.
- Las maniobras deberán ser dirigidas por personal especializado, debiendo ser una única persona la encargada de dirigir al operador.
- En ningún momento deberá permanecer ninguna persona sobre las cargas ni sobre la maquinaria.
- La permanencia o circulación bajo carga suspendida queda terminantemente prohibida.
- Se tomarán especiales cuidados en la vestimenta cuando se trabaje con soldaduras.
- Una vez izado el apoyo deberá dejarse debidamente aplomado y estable.
- El armado del apoyo se realizará cuando el cimiento esté consolidado.
- Los apoyos sin hormigonar nunca se dejarán izados en ausencia de personal.
- Las herramientas y materiales no se lanzarán bajo ningún concepto, siempre se subirán y bajarán con la ayuda de cuerdas.
- Los trabajadores que realicen estos trabajos deberán usar cinturones portaherramientas.

Prendas de protección personal

- Cascos de seguridad
- Cinturón de seguridad
- Ropa de trabajo
- Botas de seguridad
- Fajas antilumbago

Montaje y apriete de tornillería.

Riesgos Detectables.

- Caída de personal desde altura
- Caídas de objetos desde altura.
- Golpes y heridas.

Medidas de seguridad.

- Se utilizarán herramientas adecuadas, según el esfuerzo que haya que realizar, para el apriete de los tornillos.
- En el trabajo de apriete de tornillería trabajarán como máximo dos operarios, situados al mismo nivel o a tresbolillos, y siempre en la cara externa del apoyo.
- La subida y bajada de material y herramientas se realizará con la ayuda de cuerdas, nunca lanzándolas.
- Los desplazamientos de los operarios por el apoyo se realizarán con las manos libres y cinturón de seguridad.

Prendas de protección personal

- Cascos de seguridad
- Cinturón de seguridad
- Ropa de trabajo
- Botas de seguridad
- Fajas antilumbago

Colocación de herrajes y aisladores. Tendido, tensado y engrapado de conductores.

Riesgos Detectables.

- Caída de personal desde altura.
- Caídas de objetos desde altura.
- Golpes y heridas.

Medidas de seguridad.

- Estas labores serán realizadas por personal especializado.
- El personal realizará su trabajo siempre con cinturón de seguridad sujeto a las partes fijas del apoyo y con las manos libres.
- Se entenderán la zona interior de los apoyos y las proyecciones de las crucetas como zonas peligrosas.
- Los gatos que soporten las bobinas dispondrán de elementos de frenado que impidan el movimiento rotatorio de la bobina.
- Las poleas de tendido deberán amarrarse adecuadamente a las cadenas de aisladores.

- En las operaciones de tensado y flechado, los apoyos fin de línea deberán estar arriostrados, de manera que no sufran esfuerzos superiores a los previstos en las condiciones normales de trabajo.
- Durante las operaciones de tendido y tensado el operario no deberá permanecer dentro del radio de acción del conductor.
- Para efectuar correctamente estas operaciones se usarán aparatos radioteléfonos, y de esta manera transmitir todas las órdenes de parada y puesta en marcha del tendido, o poner en alerta de cualquier imprevisto.
- Con el fin de evitar las descompensaciones de las crucetas, el flechado se realizará alternativamente en cada cruceta.
- Si fuera necesario, en los cruces con carreteras, ríos, calles, otras líneas... se instalarán protecciones (pórticos), según el tipo de cruzamiento, con el fin de proteger la zona de cruce, con el fin de evitar daños a terceros.

  Los cables se procurará pasarlos sobre cualquier obstáculo existente, de esta manera se evitarán resistencias a la hora de realizar el tendido.

Prendas de protección personal

- Cascos de seguridad
- Cinturón de seguridad
- Ropa de trabajo
- Botas de seguridad
- Fajas antilumbago

Uso de maquinarias y herramientas.

1.1.1.1 Riesgos Detectables.

- Caída de personal desde altura
- Caídas de objetos desde altura.
- Golpes y heridas.

1.1.1.2 Medidas de seguridad.

- Estas labores serán realizadas por personal especializado.
- El personal realizará su trabajo siempre con cinturón de seguridad sujeto a las partes fijas del apoyo y con las manos libres.
- Se entenderán la zona interior de los apoyos y las proyecciones de las crucetas como zonas peligrosas.
- Los gatos que soporten las bobinas dispondrán de elementos de frenado que impidan el movimiento rotatorio de la bobina.
- Las poleas de tendido deberán amarrarse adecuadamente a las cadenas de aisladores.
- En las operaciones de tensado y flechado, los apoyos fin de línea deberán estar

arriostrados, de manera que no sufran esfuerzos superiores a los previstos en las condiciones normales de trabajo.

- Durante las operaciones de tendido y tensado el operario no deberá permanecer dentro del radio de acción del conductor.
- Para efectuar correctamente estas operaciones se usarán aparatos radioteléfonos, y de esta manera transmitir todas las órdenes de parada y puesta en marcha del tendido, o poner en alerta de cualquier imprevisto.
- Con el fin de evitar la descompensación de las crucetas, el flechado se realizará alternativamente en cada cruceta.
- Si fuera necesario, en los cruces con carreteras, ríos, calles, otras líneas... se instalarán protecciones (pórticos), según el tipo de cruzamiento, con el fin de proteger la zona de cruce, con el fin de evitar daños a terceros.
- Los cables se procurará pasarlos sobre cualquier obstáculo existente, de esta manera se evitarán resistencias a la hora de realizar el tendido.

Prendas de protección personal

- Cascos de seguridad
- Cinturón de seguridad
- Ropa de trabajo
- Botas de seguridad
- Fajas antilumbago
- Protección auditiva

12. INSTALACIÓN ELÉCTRICA PROVISIONAL DE OBRA

El montaje de aparatos eléctricos será ejecutado por personal especialista, en prevención de los riesgos por montajes incorrectos.

El calibre o sección del cableado será siempre el adecuado para la carga eléctrica que ha de soportar.

Los hilos tendrán la funda protectora aislante sin defectos apreciables (rasgones, repelones y asimilables). No se admiten tramos defectuosos.

La distribución general, desde el cuadro general de la obra a los cuadros secundarios, se efectuará mediante manguera eléctrica antihumedad.

El tendido de los cables y mangueras se efectuará a una altura mínima de 2 m. en los lugares peatonales y de 5 m. en los de vehículos, medidos sobre el nivel del pavimento.

Los empalmes provisionales entre mangueras se ejecutarán mediante conexiones normalizadas estancas antihumedad.

Los interruptores se instalarán en el interior de cajas normalizadas, provistas de puerta de entrada con cerradura de seguridad.

Los cuadros eléctricos metálicos tendrán la carcasa conectada a tierra.

Los cuadros eléctricos se colgarán pendientes de tableros de madera recibidos a los paramentos verticales o bien a "pies derechos "firmes.

Las maniobras a ejecutar en el cuadro eléctrico general se efectuarán subido a una banqueta de maniobra o alfombrilla aislante.

Los cuadros eléctricos poseerán tomas de corriente para conexiones normalizadas blindadas para intemperie.

La tensión siempre estará en la clavija "hembra", nunca en el "macho", para evitar contactos directos.

Los interruptores diferenciales se instalarán de acuerdo con las siguientes sensibilidades:

- 300mA. Alimentación a la maquinaria.
- 30mA. Alimentación a la maquinaria como mejora del nivel de seguridad.
- 30mA. Para las instalaciones eclécticas de alumbrado.

Las partes metálicas de todo equipo ecléctico dispondrán de toma de tierra.

El neutro de la instalación estará puesto a tierra.

La toma de tierra se efectuará a través de la pica o placa de cada cuadro general.
El hilo de toma de tierra siempre estará protegido con macarrón en colores amarillo y verde. Se prohíbe expresamente utilizarlo para otros usos.

La iluminación mediante portátiles cumplirá la siguiente norma:

- Portalámparas estanco de seguridad con manto aislante, rejilla protectora de la bombilla dotada de gancho de cuelgue a la pared, manguera antihumedad, clavija de conexión normalizada.
- La iluminación de los tajos se situará a una altura en torno a los 2 m. medidos desde la superficie de apoyo de los operarios en el puesto de trabajo.
- Las zonas de paso de la obra estarán permanentemente iluminadas evitando rincones oscuros.

No se permitirá las conexiones a tierra a través de conductores de agua.

No se permitirá el tránsito de carretillas y personas sobre mangueras eléctricas.

No se permitirá el tránsito bajo líneas eléctricas con elementos longitudinales transportados a hombros (pértigas, reglas, escaleras de mano...). La inclinación de la pieza puede llegar a producir contacto eléctrico.

13. SEÑALIZACIÓN

Se realizará la señalización oportuna según el tipo de trabajo que se esté realizando, la fase de ejecución y el lugar del mismo. Las señalizaciones serán temporales, durarán el tiempo

que se prolongue los trabajos. Serán de tipo: triángulos con hombres trabajando, cintas, banderolas...

Cuando por cruzamientos sea necesario advertir de los límites de velocidad y altura, estrechamiento de la calzada, etc. se colocarán estas señales antes y depuse del lugar de trabajo, a la distancia reglamentadas para cada tipo de carretera.02 de enero de 2018

La señalización fija que debe llevar las instalaciones eléctricas estarán prescritas en el Reglamento para Líneas Eléctricas de Alta Tensión. Dicha señalización previene del riesgo que supone la electricidad, prohibiendo tocar los conductores y apoyos. Esta señalización se coloca en los apoyos



VALORACIÓN ECONÓMICA

Línea de evacuación simple circuito 220 kV para un parque eólico de 180 MW

Manuel Arjona Carrasco
25/08/2022

2ºA
Máster en Ingeniería Industrial y MBA

Presupuesto de diseño de una línea de evacuación simple circuito 220 kV para un parque eólico de 180 MW

Presupuesto

Código	Ud	Resumen	N	Long.	Ancho	Alto	Parcial	Cantidad	Precio	Importe
01		**APOYOS**								
01.01	Ud.	Apoyo metálico de celosía modelo Cóndor: a 3m, b 3,33m, c 3.2m, cúpula 4,3m. Altura 27m						2,00	15.000,00	30.000,00
		Modelo 27000								
		Peso 7584 kg								
										30.000,00
01.02	Ud.	Apoyo metálico de celosía modelo Cóndor: a 3m, b 3,33m, c 3.2m, cúpula 4,3m. Altura 13m						2,00	7.500,00	15.000,00
		Modelo 9000								
		Peso 3998 kg								
										15.000,00
01.03	Ud.	Apoyo metálico de celosía modelo Cóndor: a 3m, b 3,33m, c 3.2m, cúpula 4,3m. Altura 20m						4,00	7.600,00	30.400,00
		Modelo 5000								
		Peso 3882 kg								
										30.400,00
01.04	Ud.	Apoyo metálico de celosía modelo Cóndor: a 3m, b 3,33m, c 3.2m, cúpula 4,3m. Altura 30m						3,00	8.200,00	24.600,00
		Modelo 7000								
		Peso 6661 kg								
										24.600,00
01.05	Ud.	Apoyo metálico de celosía modelo Cóndor: a 3m, b 3,33m, c 3.2m, cúpula 4,3m. Altura 30m						5,00	18.000,00	90.000,00
		Modelo 33000								
		Peso 6661 kg								
										90.000,00
01.06	Ud.	Apoyo metálico de celosía modelo Halcón Real: a 3m, b 3,33m, c 3.2m, cúpula 4,3m. Altura 30m						3,00	10.300,00	30.900,00
		Modelo 13000								
		Peso 6661 kg								
										30.900,00
01.07	Ud.	Apoyo metálico de celosía modelo Halcón Real: a 3m, b 3,33m, c 3.2m, cúpula 4,3m. Altura 22m						4,00	8.700,00	34.800,00
		Modelo 7000								
		Peso 3521 kg								
										34.800,00
										255.700,00
02		**MOVIMIENTO DE TIERRAS**						**m³**		
02.01	m³	Excavación mecánica para cimentación del apoyo modelo Cóndor						452,00	60,00	27.120,00
										27.120,00
02.02	m³	Excavación mecánica para cimentación del apoyo modelo Halcón Real						73,00	60,00	4.380,00
										4.380,00
										31.500,00
03		**HORMIGONADO**								
03.01	m³	Hormigonado cimentación apoyo modelo Cóndor						462,00	82,00	37.884,00

					37.884,00
03.02	m^3	Hormigonado cimentación apoyo modelo Halcón Real	79,00	82,00	6.478,00
					6.478,00
					44.362,00
04		**CONDUCTORES**		**€/m**	
04.01	m	Conductor de fase LA-280 HAWK	63.000,00	5,00	315.000,00
					315.000,00
04.02	m	Cable de guarda OPGW 24	7.000,00	9,00	63.000,00
					63.000,00
					378.000,00
05		**HERRAJES Y AISLADORES**			
05.01	ud	Aislador cadena amarre U-120-B	528,00	32,00	16.896,00
					16.896,00
05.02	Ud.	Aislador cadena suspensión U-120-B	528,00	25,00	13.200,00
					13.200,00
05.03	Ud.	Conjunto herrajes y grapas			4.000,00
					4.000,00
					34.096,00
06		**MANO DE OBRA**			
06.01		Montaje, armado e izado de apoyos			125.000,00
					125.000,00
06.02		Excavación, enconfrado ty hormigonado			53.000,00
					53.000,00
06.03		Tendido, tensado y grapado del conductor de fase			350.000,00
					350.000,00
06.04		Tendido, tensado y grapado del conductor de tierra			45.000,00
					45.000,00
					573.000,00

Presupuesto de diseño de una línea de evacuación simple circuito 220 kV para un parque eólico de 180 MW

CAPÍTULOS	DENOMINACIÓN	IMPORTES MATERIALES
01	*APOYOS*	255.700,00
02	*MOVIMIENTO DE TIERRAS*	31.500,00
03	*HORMIGONADO*	44.362,00
04	*CONDUCTORES*	378.000,00
05	*HERRAJES Y AISLADORES*	34.096,00
06	*MANO DE OBRA*	573.000,00
	Presupuesto de Ejecución Material	***1.316.658,00***
	IVA 21%	***276.498,18***
	IMPORTE TOTAL	***1.593.156,18***