



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

GRADO EN INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA
ESPECIALIDAD ELÉCTRICA

**ANÁLISIS DE COSTES DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS DE
ALTA TENSIÓN QUE IMPLEMENTEN LA TECNOLOGÍA IEC
61850 COMPARATIVO CON LAS TECNOLOGÍAS
CABLEADAS CONVENCIONALES**

Autor: Andrés Garcerán Sánchez

Director: Matías Juan Sánchez Mingarro

Madrid
Agosto 2018

**ANÁLISIS DE COSTES DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS DE
ALTA TENSIÓN QUE IMPLEMENTEN LA TECNOLOGÍA IEC
61850 COMPARATIVO CON LAS TECNOLOGÍAS CABLEADAS
CONVENCIONALES**



Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título:
"Análisis de costes de subestaciones eléctricas de alta tensión que
implementen la tecnología IEC 61850 comparativo con las tecnologías
cableadas convencionales"

en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el
curso académico 2018 es de mi autoría, original e inédito y
no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos. El Proyecto no es
plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido tomada
de otros documentos está debidamente referenciada.

Fdo.: Garcerán Sánchez, Andrés

Fecha: 30/Julio/ 2018



Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: Sánchez Mingarro, Matías Juan Fecha://

30/8/18


AUTORIZACIÓN PARA LA DIGITALIZACIÓN, DEPÓSITO Y DIVULGACIÓN EN RED DE PROYECTOS FIN DE GRADO, FIN DE MÁSTER, TESIS O MEMORIAS DE BACHILLERATO

1º. Declaración de la autoría y acreditación de la misma.

El autor D.Andrés Garcerán Sánchez DECLARA ser el titular de los derechos de propiedad intelectual de la obra: ANÁLISIS DE COSTES DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS DE ALTA TENSIÓN QUE IMPLEMENTEN LA TECNOLOGÍA IEC 61850 COMPARATIVO CON LAS TECNOLOGÍAS CABLEADAS CONVENCIONALES, que ésta es una obra original, y que ostenta la condición de autor en el sentido que otorga la Ley de Propiedad Intelectual.

2º. Objeto y fines de la cesión.

Con el fin de dar la máxima difusión a la obra citada a través del Repositorio institucional de la Universidad, el autor CEDE a la Universidad Pontificia Comillas, de forma gratuita y no exclusiva, por el máximo plazo legal y con ámbito universal, los derechos de digitalización, de archivo, de reproducción, de distribución y de comunicación pública, incluido el derecho de puesta a disposición electrónica, tal y como se describen en la Ley de Propiedad Intelectual. El derecho de transformación se cede a los únicos efectos de lo dispuesto en la letra a) del apartado siguiente.

3º. Condiciones de la cesión y acceso

Sin perjuicio de la titularidad de la obra, que sigue correspondiendo a su autor, la cesión de derechos contemplada en esta licencia habilita para:

- a) Transformarla con el fin de adaptarla a cualquier tecnología que permita incorporarla a internet y hacerla accesible; incorporar metadatos para realizar el registro de la obra e incorporar “marcas de agua” o cualquier otro sistema de seguridad o de protección.
- b) Reproducir la en un soporte digital para su incorporación a una base de datos electrónica, incluyendo el derecho de reproducir y almacenar la obra en servidores, a los efectos de garantizar su seguridad, conservación y preservar el formato.
- c) Comunicarla, por defecto, a través de un archivo institucional abierto, accesible de modo libre y gratuito a través de internet.
- d) Cualquier otra forma de acceso (restringido, embargado, cerrado) deberá solicitarse expresamente y obedecer a causas justificadas.
- e) Asignar por defecto a estos trabajos una licencia Creative Commons.
- f) Asignar por defecto a estos trabajos un HANDLE (URL *persistente*).

4º. Derechos del autor.

El autor, en tanto que titular de una obra tiene derecho a:

- a) Que la Universidad identifique claramente su nombre como autor de la misma
- b) Comunicar y dar publicidad a la obra en la versión que ceda y en otras posteriores a través de cualquier medio.
- c) Solicitar la retirada de la obra del repositorio por causa justificada.
- d) Recibir notificación fehaciente de cualquier reclamación que puedan formular terceras personas en relación con la obra y, en particular, de reclamaciones relativas a los derechos de propiedad intelectual sobre ella.

5º. Deberes del autor.

El autor se compromete a:

- a) Garantizar que el compromiso que adquiere mediante el presente escrito no infringe ningún derecho de terceros, ya sean de propiedad industrial, intelectual o cualquier otro.
- b) Garantizar que el contenido de las obras no atenta contra los derechos al honor, a la intimidad y a la imagen de terceros.
- c) Asumir toda reclamación o responsabilidad, incluyendo las indemnizaciones por daños, que pudieran ejercitarse contra la Universidad por terceros que vieran infringidos sus derechos e

intereses a causa de la cesión.

- d) Asumir la responsabilidad en el caso de que las instituciones fueran condenadas por infracción de derechos derivada de las obras objeto de la cesión.

6º. Fines y funcionamiento del Repositorio Institucional.

La obra se pondrá a disposición de los usuarios para que hagan de ella un uso justo y respetuoso con los derechos del autor, según lo permitido por la legislación aplicable, y con fines de estudio, investigación, o cualquier otro fin lícito. Con dicha finalidad, la Universidad asume los siguientes deberes y se reserva las siguientes facultades:

- La Universidad informará a los usuarios del archivo sobre los usos permitidos, y no garantiza ni asume responsabilidad alguna por otras formas en que los usuarios hagan un uso posterior de las obras no conforme con la legislación vigente. El uso posterior, más allá de la copia privada, requerirá que se cite la fuente y se reconozca la autoría, que no se obtenga beneficio comercial, y que no se realicen obras derivadas.
- La Universidad no revisará el contenido de las obras, que en todo caso permanecerá bajo la responsabilidad exclusiva del autor y no estará obligada a ejercitar acciones legales en nombre del autor en el supuesto de infracciones a derechos de propiedad intelectual derivados del depósito y archivo de las obras. El autor renuncia a cualquier reclamación frente a la Universidad por las formas no ajustadas a la legislación vigente en que los usuarios hagan uso de las obras.
- La Universidad adoptará las medidas necesarias para la preservación de la obra en un futuro.
- La Universidad se reserva la facultad de retirar la obra, previa notificación al autor, en supuestos suficientemente justificados, o en caso de reclamaciones de terceros.

Madrid, a 7 de Agosto. de 2018.

ACEPTA



Fdo

Motivos para solicitar el acceso restringido, cerrado o embargado del trabajo en el Repositorio Institucional:

ANÁLISIS DE COSTES DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS DE ALTA TENSIÓN QUE IMPLEMENTEN LA TECNOLOGÍA IEC 61850 COMPARATIVO CON LAS TECNOLOGÍAS CABLEADAS CONVENCIONALES

Autor: Garcerán Sánchez, Andrés

Director: Sánchez Mingarro, Matías Juan

RESUMEN

Este documento tiene como objetivo analizar la tecnología IEC 61850 para implementarla en una subestación tanto en el bus de proceso como en el bus de estación y analizar sus diferencias con respecto a la tecnología de cableado de cobre convencional.

El porqué de este proyecto reside en el hecho de que actualmente no hay subestaciones que incorporen la norma IEC 61850 en el bus de proceso, por lo que no hay datos sobre subestaciones ya construidas. La principal utilidad de este proyecto es que la herramienta te permite tener un cálculo aproximado rápido para estimar de manera precisa del ahorro/coste adicional que tendría esta norma.

Para poder elaborar esta herramienta se necesita definir un alcance: para este proyecto se tendrán en cuenta subestaciones AIS, que sean de transporte (400kV o 220kV) y con configuración de interruptor y medio o doble barra.

La herramienta tendrá de base un estudio de varias subestaciones en su cableado, electrónica y obra civil para poder sacar las diferencias entre una subestación convencional con cableado de cobre y una que sea compatible con la norma 61850, este estudio tendrá tres partes diferenciadas: el análisis del cableado de la subestación, de la electrónica y de la obra civil.

En el análisis del cableado se examinarán tres tipos de cableados: los cables de fuerza, que incluyen los cables de los servicios auxiliares de corriente alterna y corriente continua además de los cables que llevan la potencia a los interruptores y seccionadores para que abran o cierren, el cableado de los transformadores de medida que miden los valores de la subestación y llevan la información a las protecciones y el cableado de control y señalización que se encarga de enviar y recibir las ordenes por la subestación.

Para analizar el cableado se tendrá en cuenta que con el 61850 en las subestaciones ya no habría necesidad de tener casetas, en consecuencia el cableado iría directamente a la caja de fuerza (los cables de campo), a la caja de centralización (tanto transformadores de medida como seccionadores) o a la cabina de control de interruptor, por lo que al evitarse un punto intermedio, la longitud de los cables de fuerza será menor debido a que iría por la canalización más directa a la caja de fuerza, por lo que se espera conseguir un ahorro en este aspecto. En los cables de los transformadores de medida la situación será distinta debido a que en el cableado convencional estos cables tienen su origen en la

casetas de la subestación que se encargue de esa posición y su destino estaría en la caja de centralización correspondiente, en cambio con la aplicación de la nueva norma el cable iría directamente desde el edificio de control a la caja de centralización, por lo que en esta parte del cableado se espera un coste adicional debido a que su longitud será mayor.

El cableado de control y señalización sería el mayor afectado por esta norma debido a que el control de la subestación ya no se llevaría a través de cableado de cobre si no que con el IEC 61850 se crearía una red LAN que se encargara de mandar las órdenes a los interruptores, seccionadores y protecciones, y en vez de cables de cobres se utilizarían cables Jumper ST/ST de fibra óptica. El cableado de señalización desaparecería debido a que ahora esa información se llevaría por la red LAN.

Para calcular los costes a 220kV, debido a que todos los cálculos han sido realizados para subestaciones de 400kV, se estimará una constante por la que se multiplicará al coste analizado para 400kV. Esta constante se ha calculado utilizando la diferencia entre las distancias que marcan las normas para la calle, entre conductores y entre conductores y edificios.

En la electrónica la diferencia hay varias diferencias entre los dispositivos para el control que utiliza una tecnología y otra, la tecnología de cableado convencional utiliza equipos de control de posición para cada interruptor y CCSs, la norma IEC 61850 utiliza CCSs que nada tienen que ver con los CCSs convencionales, para el control de subestación mientras que la tecnología 61850 utiliza switches para cada posición, IEDs que se encargan de utilizar la información proporcionada por el control a las cajas de centralizaciones o la cabina de control del interruptor y CCSs compatibles con esta norma, diferentes a los utilizados convencionalmente.

La obra civil en ambas tecnologías tiene en común que ambas necesitan el edificio de control, pero la tecnología convencional utiliza casetas por la superficie de la subestación con bastidores de relés y la tecnología IEC 61850 no las necesita por lo que en este punto hay un ahorro en la obra civil debido a que ya no son necesarios el edificio prefabricado de las casetas ni su movimiento de tierras. Para el proyecto se han supuesto casetas de 6x4 metros.

Tanto para los cables de cobre y jumper ST/ST, como para los dispositivos electrónicos (CCS, mini ULC, switches, IED) y el coste del movimiento de tierras y el edificio prefabricado de hormigón para la subestación se ha conseguido su coste a través de proyectos similares y PTAs.

Toda la información conseguida anteriormente se introducirá en el código de la herramienta programada para que pueda estimar un ahorro o coste adicional en cada una de las tres partes de nuestro programa.

Por último, hablaremos de la herramienta. El programa pide tres entradas: el número de posiciones de reactancias, de transformadores y de líneas aéreas, la tensión a elegir entre 220kV y 400kV y la configuración, también a elegir entre interruptor y medio y doble barra. El programa calcula internamente y al usuario le permite elegir si ver desglosado el presupuesto calculado o si ver solo los tres grandes apartados.

Con la herramienta se hace un apartado de conclusiones basado en varias ejecuciones con el fin de ver como el programa trata las diferentes configuraciones, el valor de tensión y como evoluciona con el aumento de las posiciones. En este análisis se observa que el mayor coste ahorrado es el de la obra civil, seguido de la electrónica y por ultimo el cableado de la aparamenta.

COST ANALYSIS OF ELECTRICAL SUBSTATIONS OF HIGH VOLTAGE THAT IMPLEMENT IEC 61850 TECHNOLOGY COMPARATIVE WITH WIRING CONVENTIONAL TECHNOLOGIES

Author: Garcerán Sánchez, Andrés

Director: Sánchez Mingarro, Matías Juan

ABSTRACT

The purpose of this document is to analyze the IEC 61850 technology in order to be implemented in a substation both on the process bus and on the station bus and analyze their differences with respect to conventional copper wiring technology.

The reason for this project lies in the fact that there are currently no substations that incorporate the IEC 61850 standard in the process bus, so there is no data on substations already built that incorporate this standard on both buses. The main utility of this project is that the tool allows you to have a quick approximate calculation to get an idea of the savings / additional cost that this standard would have, the tool does not look for an accurate calculation, but an approximate calculation to get an idea of the possible saving.

To elaborate this tool, it was necessary to define a scope: for this project, AIS substations, transportation voltages (400kV or 220kV) and with an interrupter and half or double bus will be considered.

The tool will be based on a study of several substations in its wiring, electronics and civil works to draw the differences between a conventional substation with copper wiring and one that is compatible with the 61850 standard, this study will have three different analysis: the analysis of the wiring of the substation, electronics and civil works.

In the wiring analysis three types of wiring will be examined: the power cables, which include the cables of the auxiliary services of alternating current and direct current that are the cables that bring the power to the interrupters and isolators so that they open or close, the wiring of the measuring transformers that measure the values of the substation and carry the information to the protections and the control and signaling wiring that is in charge of sending and receiving the orders for the substation.

In order to analyze the wiring, it will be taken into account that with the 61850 in the substations there would be no need to have building all along the substation, consequently the wiring would go directly to the power box (the cables that bring the power to the interrupter or the isolator), to the centralization box (both transformers measured and isolators) or to the interrupter control cabin, so that will avoid an intermediate point (the buildings), the length of the power cables will be smaller because it would go through the most direct channeling to the power box,

so it is expected to get a savings in this aspect. In the cables of the measure transformer the situation would be completely different because in the conventional wiring these cables have their origin in the building of the substation that is responsible for that position and its destination would be in the corresponding centralization box, instead with the new standard the cable would go directly from the control building to the centralization box, so in this part of the wiring an additional cost is expected because its length will be longer than with the wiring conventional technology.

The control and signaling wiring would be the most affected by this standard because the control of the substation would no longer be carried through copper wiring, with the IEC 61850 a LAN network would be created that will be in charge of sending the orders to the interrupters, isolators and protections and instead of copper wires, Jumper ST / ST fiber optic cables would be used. The signaling wiring would disappear because now that information would be carried over the LAN network.

To calculate the costs at 220kV, since all the calculations have been made for 400kV substations, a constant will be estimated by multiplying the cost analyzed for 400kV. This constant has been calculated using the difference between the distances set by the standards for the street, between wires, etc ...

In electronics there are several differences between the devices for the control that uses one technology and another, the technology of conventional wiring uses mini ULCs for each interrupter and CCSs for the control of substation while the 61850 technology uses switches for each position, IEDs that are responsible for providing the information given by the control to the centralization boxes or the control cabinet of the switch and CCSs compatible with this standard, different from those conventionally used.

The civil works in both technologies are completely different, the only thing in common they have is that both need the control building, but conventional technology uses buildings on the surface of the substation with relay racks and the IEC 61850 technology does not need them so in this point there is an important saving in the civil work because the prefabricated building of the houses and their earth moving are no longer necessary. For the project 6x4 yards building have been assumed.

Both for jumper ST / ST wires and copper wires, as well as for electronic devices (CCS, mini ULC, switches, IED) and the cost of earth moving and the prefabricated building for the substation, its cost has been achieved through of the project director or manufacturers.

All the information previously obtained will be entered in the code of the programmed tool, so you can estimate an additional cost or saving in each of the three parts of our programming tool.

Finally, we will talk about the tool. The program will ask for three inputs: the number of positions, transformers and overhead lines, the voltage to choose between 220kV and 400kV and the configuration, also to choose between the configuration of an interrupter and half or double bus. The program will calculate internally, and

the user will be able to choose whether to see the calculated budget or to see only the three large sections.

A section of conclusions based on several executions will be made to see how the program deals with the different configurations, the value of voltage and how it evolves with the increase in positions. In this analysis it is observed that the highest cost saved is in civil works, followed by electronics and finally the wiring of the switchgear.

Agradecimientos:

Querían agradecer a mis padres el haberme dado los medios y el apoyo durante estos años, que me han permitido llegar a donde estoy hoy.

Para continuar me gustaría acordarme de mis compañeros que me han acompañado durante estos años y durante la elaboración de este proyecto: me gustaría nombrar a Álvaro, Alberto, Carlos, Santiago, Pablo, Bea y a Gema.

También quería agradecer a los profesores que me han ayudado en la realización de este proyecto tanto por sus apuntes como por su ayuda a funciones del proyecto más específicas: María Teresa Sánchez Carazo, Luis Rouco y Gerardo Fernández Magester. Haciendo especial mención a: Matías Juan Sánchez Mingarro, director de mi proyecto.

Por último quería agradecer a Damián Laloux que me permitiera realizar el trabajo de fin de grado en este curso.

Documento I:

Memoria

Índice: Documento I:

1.	Estado del arte	5
1.1	Presente de la norma IEC 61850	7
1.2	Alternativas a la norma IEC 61850	7
2.	Motivación	8
3.	Alcance	8
4.	Objetivos	9
5.	Metodología	10
6.	Explicación del programa	11
6.1	Explicación de la elección de la herramienta programada	11
6.1.1	Funcionamiento interno del programa	11
6.2	Configuraciones que utiliza el programa	12
6.2.1	Interruptor y medio:	12
6.2.2	Doble barra:.....	13
6.3	Estudio del cableado de la aparamenta	13
6.3.1	Cables de fuerza	14
6.3.2	Cableado de los transformadores de medida.....	14
6.3.3	Cables de control y señalización	15
6.4	Obra civil	17
6.4.1	Movimiento de tierras	18
6.4.2	Envolvente.....	18
6.5	Electrónica.....	19
6.6	¿400kV o 220kV?	20
6.7	Manual de usuario.....	21
6.7.1	Estructura del programa	21
6.7.2	Guía para el usuario.....	22
7.	Casos considerados	22
7.1	Primera prueba.....	22
7.2	Segunda prueba.....	24
7.3	Tercera prueba.....	25
7.4	Cuarta prueba	26
7.5	Quinta prueba.....	27
8.	Conclusiones	28
9.	Futuros desarrollos para la herramienta	31
10.	Referencias	32

1. Estado del arte

La norma IEC 61850 fue publicada en 2004 por la International Electrotechnical Commission (sus siglas son IEC, de ahí el nombre de la norma) que consiste en la definición de un estándar internacional para automatizar la comunicación entre la aparamenta, las protecciones y los equipos de control y medida de una subestación eléctrica. Esta norma no sólo define el protocolo de comunicación si no que también especifica la configuración de la red, la definición de un modelo de datos, requisitos medioambientales, eléctricos y electrónicos.

Esta norma surgió con el fin de conseguir interoperabilidad entre diferentes fabricantes, con ello consigue que el control de la subestación sea independiente del fabricante de los equipos electrónicos pudiendo sustituir dispositivos pertenecientes a distintos fabricantes. Otros beneficios derivados de la norma son: reducción de costes y mejora de los servicios, aumento de la seguridad en el recinto de la subestación al reducir el cableado y la capacidad de disponer de más información en tiempo real.

Esta norma introduce una red de área local (LAN) en la subestación, lo cual varía con respecto al cableado de cobre tradicional en que ahora las funciones de control y protección, antes realizadas mediante el cable de cobre como canal, ahora, se realizan a través de mensajes tipo GOOSE (Generic Object Oriented Substation Events) u otro tipo.

Con la aplicación de la nueva norma se consigue una gran fiabilidad a pesar de la sencillez del diseño debido a que la información al ir por a la red reduce el cableado de la subestación.

Esta norma aún no está implementada en su totalidad debido a la resistencia al cambio que tienen las empresas del sector eléctrico y los fabricantes para hacer equipos más potentes. Su mayor desventaja está en la complejidad del estándar; tanto de entender, como por parte del cliente para aplicarla, del fabricante por implementarlo y el requerimiento de CPUs de altas prestaciones.

El objetivo principal de este proyecto de fin de grado ha sido buscar crear una herramienta programada para estimar cual sería el ahorro en una subestación convencional si en vez de haberla hecho convencional la hubiéramos empezado a hacer conforme a la norma IEC 61850.

Este proyecto de fin de grado consiste en analizar la diferencia entre una subestación convencional con los equipos de control y medida con cableado de cobre y una subestación que implementa la norma IEC 61850 en los equipos de control y medida.

Sistema cableado convencional:

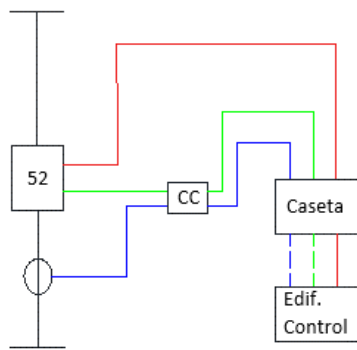


Figura 1: Esquema de funcionamiento del control de una subestación de cableado convencional

Tecnología 61850:

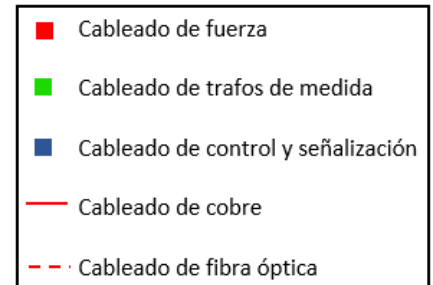
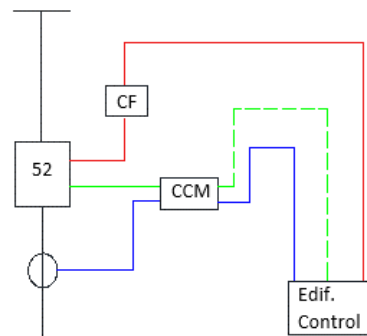


Figura 2: Esquema de funcionamiento del control de una subestación con la tecnología IEC 61850.

En las figuras 1 y 2, se pueden apreciar varias diferencias en el funcionamiento del control:

En el cableado de fuerza (auxiliares de CC y CA), el cable iría de la caja de mando del elemento de la apartamenta a la caja de control o de centralización (CC), y de ahí al bastidor de la caseta, con el 61850 el cable de la caja de mando a la caja de fuerza (CF) o de servicios auxiliares (SSAA) y el cable acabaría directamente en el edificio de control.

En el cableado de los trafos de medida al principio se dirigen a la caja de centralización (CC) y después a la caseta y esta se comunica con el edificio de control mediante fibra óptica, en cambio con la nueva tecnología el cable de cobre empieza en la caja de centralización nueva (CCM), esta nueva caja de centralización tiene un IED nuevo, y acaba en el edificio de control.

En el cableado de control es donde hay mayor diferencia, en el sistema convencional de cableado de cobre el cableado comenzaba en la caja de mando, pasaba por la caja de centralización y llegaba a la caseta, de esta salía un cable de fibra óptica con la información al edificio de control, con la tecnología 61850 el cable llega al CC de la misma manera, pero de aquí sale el cable de fibra óptica al edificio de control directamente.

El principal atractivo de esta herramienta consiste en que es única, no hay en la actualidad ninguna herramienta que te permita estimar el ahorro que supone la norma con respecto a la tecnología cableada, es novedosa y supone una forma fácil e intuitiva de poder entender como afecta la norma al funcionamiento de la subestación y a su presupuesto.

1.1 Presente de la norma IEC 61850

Para entender el presente de la actual norma hay que diferenciar entre el bus de estación y el bus de proceso:

- Bus de estación: es la parte de teleseñalización, telemando y telegestión, en resumen, a esta parte se le llama telecontrol. Esta parte recoge la información **no crítica** de la subestación, dejando fuera a las protecciones. El bus de estación no limita el funcionamiento normal de la subestación, en caso de que fallara la comunicación en el bus de estación la subestación podría seguir su funcionamiento habitual, lo que cambiaría es que no podría saber el estado de la subestación ni medidas de la misma.

Actualmente en el mundo hay muchos países que implementan la tecnología 61850 en sus subestaciones, países como Chile, Perú o Colombia. En Estados Unidos optan por una comunicación “punto a punto” (esta tecnología se explicará más adelante) y en Europa el sistema más utilizado es el convencional, un sistema directo y físico en el que solo se pueden comunicar dos dispositivos que estén unidos por un cable de cobre.

- Bus de proceso: llega hasta las protecciones modificando el funcionamiento de estas, por lo que los mensajes también están afectados por el 61850. Esta información es considerada **crítica** debido a que afecta al funcionamiento de la subestación. La señal de disparo de una protección ya no es una señal eléctrica si no un mensaje que viaja por la red LAN hasta el equipo que te interese y cierra el contacto. La ventaja está clara, te ahorras el cableado y además lo simplificas. Hoy en día no hay subestaciones que implementen la norma en el bus de proceso, solo hay posiciones de I+D, debido a que la máxima que tienen las compañías transportistas es que siempre haya continuidad de servicio, por lo que el buen funcionamiento del sistema convencional genera ciertas dudas de que el tele control sea más fiable que el cableado eléctrico convencional.

1.2 Alternativas a la norma IEC 61850

Vamos a nombrar las dos alternativas más utilizadas, el sistema de cableado convencional y el sistema con arquitectura de red.

El sistema cableado convencional es un sistema directo y físico en el que solo se pueden comunicar dos dispositivos que estén unidos por un cable de cobre por lo que no hay una red como tal para poder enviar la información al sitio que tu elijas, si no que tiene que ir viajando por el cable hasta llegar al punto de destino. Es el sistema más antiguo de los tres que hemos visto.

El sistema con arquitectura de red es un sistema en el que hay una red y la comunicación es directa (sistema *determinista*), su principal diferencia con el 61850 es este último es un sistema *no determinista*, se envía un mensaje a la red LAN y cualquier dispositivo conectado a la red puede recoger ese mensaje, pero no se tiene la certeza de que el dispositivo al que se desea que le llegue el mensaje lo ha recibido, a menos que reenvíe un mensaje para confirmar que lo ha recibido mientras que con el sistema de punto a punto se sabe a quién se ha enviado el mensaje y si lo ha recibido sin la necesidad de enviar un mensaje de vuelta.

La principal desventaja del sistema con topología punto a punto es que es un protocolo propietario, si te metes en una red de equipos del fabricante solo se pueden “hablar” con equipos que sean del mismo fabricante, esta a su vez es la mayor ventaja del 61850 ya que permite la interoperabilidad entre equipos de diferentes fabricantes.

2. Motivación

La motivación en este trabajo de fin de grado está en el hecho de que no existe ninguna forma de conseguir un cálculo rápido y preciso sobre la norma IEC 61850 debido a que actualmente no hay subestaciones que incorporen la norma tanto en el bus de estación como en el bus de continua por lo que la utilidad de este proyecto consiste en su utilidad práctica para poder tener una idea clara del ahorro que supone la norma.

Este proyecto de fin de grado tiene el valor añadido de ser único, debido a que actualmente no existe ninguna herramienta que te permita estimar los costes de esta tecnología.

3. Alcance

El proyecto de fin de grado consistirá en una herramienta programada que estime el coste ahorrado de una subestación compatible con la norma IEC 61850 comparado con una subestación de cableado de cobre convencional, por lo que se utilizará el CodeLite (un IDE de código abierto, gratuito y multiplataforma especializado en C, C ++, PHP y JavaScript) y se programará en C.

Se analizarán el cableado de servicios auxiliares C.A., servicios auxiliares C.C. (fuerza), servicios auxiliares C.C. (control), de transformadores de intensidad, de transformadores de tensión, de transformadores de tensión capacitivos, control y de señalización. Se tendrá en cuenta la electrónica, de los sistemas convencionales se verán cómo afecta a: los CCS convencionales (Unidad de Control de la Subestación) y los mULCs (unidades de control digital o convencional mediante

selectores, pulsadores y relés auxiliares, dependiendo de la tecnología de control empleada) y en la nueva norma se tendrán en cuenta: los CCS compatibles para la norma 61850, los switches y los IED. Se estudiará también como varía la obra civil de la subestación.

Este proyecto se enfocará en subestaciones de transporte (220kV o 400kV), tipo AIS y que utilicen de configuración doble barra o interruptor y medio. El programa tendrá tres entradas: la primera consistirá en saber cuántas posiciones de reactancias, transformadores o líneas aéreas tiene la subestación o el parque, la tensión a la que funciona el parque elegido y si tiene configuración de doble barra o interruptor y medio.

Se tendrán en cuenta varios ejemplos de subestaciones ya existentes para asegurar que los datos sean lo más generales posibles y que el estudio sea lo más amplio posible recogiendo varios tipos de subestaciones diferentes.

4. Objetivos

El objetivo es el obtener una herramienta que pueda darte el ahorro que habría entre construir una subestación con la normativa 61850 a diferencia de hacerla con el cableado de cobre convencional.

Se pretende conseguir un ahorro o coste adicional por cada seccionador (tanto de barras como de puesta a tierra), interruptor, transformador de intensidad, transformador de tensión, transformador capacitivo, caseta de la subestación o el edificio de control. En el caso de las casetas se analizará si se siguen necesitando o hay una reducción considerable en el número de ellas, en el caso de la electrónica el estudio se basará en entender que elementos se mantienen con la nueva norma, cuáles quedan en desuso y cuáles hay que cambiar o encontrar ese tipo que sea compatible con la nueva norma.

Un objetivo secundario sería entender si la norma afecta por igual a las configuraciones de doble barra y a la de interruptor y medio, las dos que comprenden nuestro alcance.

La herramienta debe de ser práctica y útil por lo que la precisión de los datos será un objetivo importante.

5. Metodología

La metodología se dividirá en 3 partes diferenciadas:

La primera parte consistirá en reunir información sobre la norma IEC 61850 y conseguir entender que diferencia crea en el esquema de control, de potencia o señalización de la subestación, tratar de entender de manera genérica el estándar sin entrar demasiado en profundidad debido a que el estándar trata temas más propios de la ingeniería de telecomunicaciones o electrónica más que de la ingeniería eléctrica.

La segunda parte consistirá en empezar a analizar listas de cables de subestaciones eléctricas con el control convencional de cobre, la parte de los servicios auxiliares tanto en CC como en CA, los cables de los transformadores de medida, el cableado de control y de señalización para poder entender la diferencia que habría entre esa subestación en el presente y un hipotético cambio para adaptarse al 61850. Además, durante esta etapa se ha preguntado a empresas del sector como por ejemplo Ormazábal o Schneider Electric por precios de ciertos dispositivos electrónicos, la obra civil, el edificio prefabricado que realiza la función de envolvente, el precio del cable de cobre o de un cable Jumper ST/ST.

La tercera y última parte ha tratado sobre realizar el código una vez teníamos todos los costes claros, el código se ha realizado en C basándose en lo aprendido en la asignatura de introducción al C del primer curso. Por último, se ha redactado el documento del proyecto de fin de grado.

6. Explicación del programa

6.1 Explicación de la elección de la herramienta programada

La principal razón por la que se ha elegido realizar una herramienta programada es la necesidad de tener una herramienta que te pueda indicar con precisión el ahorro que tendría la norma sobre una subestación. Cada subestación al ser diferente al resto puede variar en su función, el número de posiciones, su tensión de funcionamiento o el número de parques. Por lo que la herramienta consigue estimarte el coste adecuadamente independientemente de las particularidades de la misma.

Cada subestación al ser diferente de las anteriores, para calcular o aproximar el ahorro que habría en esa subestación necesita de un tratamiento personalizado para cada característica de la subestación, ahí viene la utilidad de este.

6.1.1 Funcionamiento interno del programa

La herramienta programada en C pedirá tres entradas: posiciones (esta en realidad se divide a su vez en otras tres entradas: número de posiciones con reactancias, con transformadores y con líneas aéreas), tensión a elegir entre 220kV y 400kV y configuración a elegir entre interruptor y medio y doble barra. Al final preguntará si se desea un desglose de los costes o ahorros calculados.

Con estas tres entradas (se supone que la subestación es AIS, al ser tensión de transporte) el programa ya no necesita nada más para poder calcular el ahorro en tres sectores: la aparamenta eléctrica (en concreto en el cableado relacionado con esta), la electrónica y la obra civil. Al final esta información se guardará en un fichero de texto para poder usarla con más facilidad.

Para calcular el precio el programa utiliza 3 conjuntos de datos:

- El ahorro de cableado en la aparamenta eléctrica:
 - El ahorro de cableado en seccionadores e interruptores, tanto los cables de fuerza como los de control y señalización.
 - El coste adicional del cableado de los transformadores de intensidad, tensión y capacitivos.
- Constantes de precios:
 - Electrónica: equipos de control de posición, CCS tanto convencionales como compatibles con la normativa 61850, switches y los IED.
 - Obra civil: el edificio prefabricado y el movimiento de tierras de las casetas de la subestación.
- Una constante llamada K en el código que cambie el coste del cableado de la aparamenta de 400kV a una estimación para 220kV.

En los siguientes apartados se detallará como se han obtenido los tres conjuntos de datos anteriores.

6.2 Configuraciones que utiliza el programa

Para este apartado se han cogido varios ejemplos de subestaciones de interruptor y medio y de doble barra para poder conseguir una estimación del número por posición de: interruptores, seccionadores de barras, seccionadores de tierra, transformadores de tensión, intensidad y capacitivos por posición.

6.2.1 Interruptor y medio:

Para esta configuración, con varios ejemplos de subestaciones se ha obtenido, para cada posición:

Para una posición de reactancia en una calle sola, por posición:

- | | |
|---------|-------------|
| - 57: 1 | - TTC: 0 |
| - 89: 1 | - Caseta: 0 |
| - TI: 1 | - 52: 1 |
| - TT: 1 | |

Para una reactancia y una línea de aérea o con un transformador, que compartan interruptor, por posición:

- | | |
|-----------|---------------|
| - 57: 1 | - TC: 1 |
| - 89: 4 | - Caseta: 0,5 |
| - TI: 1,5 | - 52: 1,5 |
| - TT: 1,5 | |

Para dos posiciones que sean líneas aéreas o transformadores que compartan interruptor, por posición:

- | | |
|-----------|---------------|
| - 57: 1 | - TTC: 1 |
| - 89: 4 | - Caseta: 0,5 |
| - TI: 1,5 | - 52: 1,5 |
| - TT: 1,5 | |

Esta información se ha metido en el código del programa para a partir de las posiciones que nos diga, poder sacar el número totales de seccionadores, interruptores etc...

6.2.2 Doble barra:

Para esta configuración con varios ejemplos de subestaciones se ha obtenido, para cada posición:

Para la configuración de doble barra este análisis ha resultado más simple que el anterior:

- 57: 1
- 89: 3
- TI: 1
- TT: 1
- TTC: 0 (1 si es línea aérea o trafo)
- Caseta: 1/3
- 52: 1
- Por subestación además hay un 52 adicional y un TI.

Al igual que la información sacada para interruptor y medio, se utiliza para sacar el número total de seccionadores, interruptores etc...

6.3 Estudio del cableado de la aparamenta

Para el estudio del cableado de cobre se han utilizado las siguientes constantes:

- Precio del hilo de cobre: 7,2€/kg el día 15 de junio, precio proporcionado por la profesora María Teresa Sánchez Carazo.
- La densidad del cobre: $\rho_{CU} = 8960 \text{€}/\text{m}^3$.
- Precio del metro de cable Jumper ST/ST: 0,437€/m, precio encontrado haciendo media entre el precio para lotes grande de tiendas especializadas de electrónica.
- Fórmulas utilizadas:

$$\text{Peso del cobre}(kg) = n_{\text{cables}} * \text{Sección}(m^2) * \text{Longitud}(m) * \rho_{CU} \left(\frac{kg}{m^3}\right)$$

$$\text{Coste} (\text{€}) = \text{Peso del cobre}(kg) * \text{Precio del hilo de cobre} \left(\frac{\text{€}}{kg}\right)$$

Para este estudio, ha habido que suponer por donde iría el cable en un plano con la planta de la subestación debido a que no especificaban el recorrido de los cables en los documentos de los proyectos, para ello se han debido suponer:

- Las distancias se medían como una "L" sobre el plano para estimarlas.
- Las cajas de control de los interruptores y las cajas de centralizaciones se han supuesto en las cercanías del interruptor.
- La caja de fuerza se ha supuesto debajo del seccionador de barras.

A continuación, se explicarán los tipos de cables que se han tenido en cuenta en este estudio:

6.3.1 Cables de fuerza

Este grupo es que lleva la potencia necesaria para abrir y cerrar los interruptores y seccionadores. Dentro de este grupo están los servicios auxiliares tanto en CA como en CC.

Para entender el procedimiento que se ha seguido, usaremos un ejemplo del cableado para la alimentación en CC de los motores:

NUMERO	ORIGEN	DESTINO
401201	EDIFICIO DE CONTROL. SALA SERV. AUX. CUADRO PRINCIPAL C.C.	CASETA CR-42. BASTIDOR DE RELES REA1
401202	CASETA CR-42. BASTIDOR DE RELES REA1	CASETA CR-43. BASTIDOR DE RELES L13 (BR1)
401210	CASETA CR-42. BASTIDOR DE RELES REA1	CABINA DE CONTROL INTERRUPTOR 521-1
401211	CASETA CR-42. BASTIDOR DE RELES REA1	CAJA CENTRALIZACION CIRCUITOS CALLE 1 CELDA 1 (CC-11)
401212	CAJA CENTRALIZACION CIRCUITOS CALLE 1 CELDA 1 (CC-11)	MANDO SECCIONADOR 89B1-1 FASE 0
401212a	MANDO SECCIONADOR 89B1-1 FASE 0	MANDO SECCIONADOR 89B1-1 FASE 4
401212b	MANDO SECCIONADOR 89B1-1 FASE 4	MANDO SECCIONADOR 89B1-1 FASE 8

Figura 3: Ejemplo de cables de alimentación en CC de los motores de seccionadores e interruptor

Empezando por el primer cable (401201), que tiene su origen en el edificio de control y su destino en la caseta CR-42; con la nueva norma este cableado junto con el cableado que sale de la caseta CR-42 y llega a la cabina de control del interruptor (401210) y a la caja de centralización de circuitos de la calle 1 (401211), cambiaría con la norma IEC 61850 a un cable que sigue siendo de cobre y de la misma sección que tiene su origen en el edificio de control de la subestación y su destino en la cabina de control del interruptor o en la caja de centralizaciones.

El cable que tiene su origen en la caseta CR-42 y su destino en la caseta CR-43 (401202), ya no existiría ya que con la nueva norma no habría casetas ubicadas por la subestación.

Los cables que comunican la caja de centralización de circuitos de la calle 1 con la fase 0 (401212), y los que se comunican entre fases (401212a y 401212b) se mantendrán igual ya que esa parte del cableado no varía, se mantiene igual.

6.3.2 Cableado de los transformadores de medida

En este grupo están los cables que salen de los transformadores de medida que mide la intensidad de fase y lleva la información a las protecciones.

NUMERO	ORIGEN	DESTINO
401501	TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD TIB1-1 FASE 0	CAJA DE CENTRALIZACION TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD TIB1-1
401501a	TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD TIB1-1 FASE 0	CAJA DE CENTRALIZACION TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD TIB1-1
401502	TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD TIB1-1 FASE 4	CAJA DE CENTRALIZACION TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD TIB1-1
401502a	TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD TIB1-1 FASE 4	CAJA DE CENTRALIZACION TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD TIB1-1
401503	TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD TIB1-1 FASE 8	CAJA DE CENTRALIZACION TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD TIB1-1
401503a	TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD TIB1-1 FASE 8	CAJA DE CENTRALIZACION TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD TIB1-1
401504	CAJA DE CENTRALIZACION TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD TIB1-1	CASETA CR-42. BASTIDOR DE RELES REA1

Figura 4: Ejemplo de cables de los transformadores de intensidad

Los cables 401501, 401502, 401503 son los cables que comunican las fases del trafo de intensidad con la caja de centralización, estos cables con la nueva norma

se mantendrán ya que la comunicación entre la caja de centralización y el transformador de intensidad se mantendría igual.

El cable 401504 que tiene su origen en la caja de centralización de los transformadores de intensidad y su destino en la caseta CR-42, este cable con la nueva norma será mas largo debido a que ya no llega a la caseta CR-42 si no que tiene que ir al edificio de control de la subestación por lo que se prevé un coste adicional por cada transformador de intensidad.

Ahora analizaremos un caso para el transformador de tensión (figura 5):

NUMERO	ORIGEN	DESTINO
401601	CASETA CR-42. BASTIDOR DE RELES L12 (BR1)	CASETA CR-42. BASTIDOR DE RELES REA1
401602	CAJA DE CENTRALIZACION TRANSFORMADOR DE TENSION TC-B1	CASETA CR-42. BASTIDOR DE RELES REA1

Figura 5: Ejemplo de cableado de un transformador de tensión

El cable 401601 con la nueva norma desaparece, la información iría por vía ethernet por la red LAN de la subestación.

El cable 401602 cambiaría ya que la caseta desaparecería por lo que el cable ahora iría hacia el edificio de control, por lo que, a mayor longitud, el coste sería mayor.

Analizando también un caso para el transformador capacitivo se observa que sigue la misma lógica que los casos de los transformadores de intensidad y de tensión, al no haber caseta el cable de la caja de centralización tiene que ir directo al edificio de control y este al tener mayor longitud supondrá un coste adicional

Con la nueva tecnología se necesitan menos devanados secundarios que en el sistema convencional por lo que eso supone un ahorro de: 850€ por posición en TIs y 1200€ por posición en TTs oTCs.

6.3.3 Cables de control y señalización

Esta parte del cableado de la subestación es la más afectada por la nueva norma, y el lugar donde mayor ahorro se espera lograr debido a que ahora con la norma IEC 61850 el control y la señalización de la subestación transcurre por fibra óptica a través de cables ethernet y que operan a través de la red LAN.

Dentro de los cables de control están: mando y control de las baterías que alimentan el interruptor, enclavamientos de los seccionadores y reactancia (en caso de que hubiera), disparos y actuaciones de los relés y las protecciones, mando y control de los seccionadores (tanto 89 como 573) y alarmas y anomalías de los seccionadores.

Dentro de los cables de señalización encontraríamos: alarmas y anomalías del interruptor, seccionador, del cuadro de C.A. y las aperturas magnetotérmicas de la calefacción de las cajas de centralización.

NUMERO	ORIGEN	DESTINO
401701	CASETA CR-42. BASTIDOR DE RELES REA1	CABINA DE CONTROL INTERRUPTOR 521-1
401702	CASETA CR-42. BASTIDOR DE RELES REA1	CABINA DE CONTROL INTERRUPTOR 521-1
401703	CASETA CR-42. BASTIDOR DE RELES REA1	CABINA DE CONTROL INTERRUPTOR 521-1
401704	CABINA DE CONTROL INTERRUPTOR 521-1	CAJA CENTRALIZACION CIRCUITOS CALLE 1 CELDA 1 (CC-11)

Figura 6: Ejemplo de cableado de control

En la figura 6 aparecen algunos ejemplos del cableado de control que tiene una subestación eléctrica, los cables de número 401701, 401702 y 401703 que tiene que ver con el mando y control del interruptor serían sustituidos por un cable ethernet que se comunicaría con el IED situado en las proximidades de la cabina de control.

EL cable número 401704 se mantendría igual al seguir existiendo el CCM en vez del CC.

401718c	MANDO SECCIONADOR 573-1 FASE 8	CAJA CENTRALIZACION CIRCUITOS CALLE 1 CELDA 1 (CC-11)
401719	CAJA DE CENTRALIZACION TRANSFORMADOR DE TENSION TC-B1	CASETA CR-42. BASTIDOR DE RELES REA1
401804	CAJA CENTRALIZACION CIRCUITOS CALLE 1 CELDA 1 (CC-11)	MANDO SECCIONADOR 89B1-1 FASE 0

Figura 7: Ejemplo de cableado de control

En la figura 7, los cables 401718 y 401804 seguirían estando con la nueva norma ya que la comunicación entre la caja de centralización y los seccionadores se mantendría igual.

En cambio, el cable 401719 desaparecería porque en una subestación con la normativa del 61850 la información que daría ese cable se enviaría por la red LAN.

401711	CASETA CR-42. BASTIDOR DE RELES REA1	CASETA CR-43. BASTIDOR PDB PP/B
401712	CASETA CR-42. BASTIDOR DE RELES REA1	CASETA CR-44. BASTIDOR PDB PS/B
401713	CASETA CR-42. BASTIDOR DE RELES REA1	CASETA CR-44. BASTIDOR PDB PS/B

Figura 8: Ejemplo de cableado de control

En la figura 8, los tres cables que aparecen 401711, 401712 y 401713 con el 61850 no serían necesarios ya que ellos dan la información sobre las actuaciones de protecciones y si la subestación en el bus de proceso funciona con el 61850, esa información iría vía fibra óptica.

NUMERO	ORIGEN	DESTINO
401901	CASETA CR-42. BASTIDOR DE RELES REA1 (mULC/11)	CABINA DE CONTROL INTERRUPTOR 521-1
401902	CASETA CR-42. BASTIDOR DE RELES REA1 (mULC/11)	CAJA CENTRALIZACION CIRCUITOS CALLE 1 CELDA 1 (CC-11)
401903	CASETA CR-42. BASTIDOR DE RELES REA1 (mULC/11)	CABINA DE CONTROL REACTANCIA REA1

Figura 9: Ejemplo de cableado de señalización

En esta última figura hay varios ejemplos del cableado de señalización comunicándose con las cabinas de control del interruptor, son la caja de centralización de los circuitos y con la cabina de control de la reactancia desde el mini ULC. Este cableado desaparecerá con la nueva norma debido a que la información que transmiten estos cables ahora se transmitirá a través de la red LAN.

En resumen, a la parte de cableado se ha obtenido:

- Seccionador: se ha obtenido un ahorro promedio de 373€/seccionador en su cableado.
- Interruptor: se ha obtenido un ahorro promedio de 1215 €/interruptor en su cableado.
- Transformador de intensidad: se ha obtenido un coste adicional promedio de 125€/TI en su cableado.
- Transformador de tensión: se ha obtenido un ahorro promedio de 1100 €/transformador de tensión en su cableado.
- Transformador capacitivo: se ha obtenido un ahorro promedio de 900€/TC en su cableado.

6.4 Obra civil

El coste de obra civil se divide principalmente en dos, coste del movimiento de tierras y el coste del edificio prefabricado o envolvente. La caseta para el proyecto de fin de grado será de 6x4 m².

Con la norma 61850 ya no habría casetas en la subestación debido a que los cables de fuerza y de medida ya no pasarían por ella y el control se comunicaría directamente con cada IED que haya en la posición a la que se quiera controlar. Este es a priori el mayor ahorro que supone la norma debido a que de todos los elementos afectados este es el que supone un mayor coste en comparación a la electrónica y a la aparamenta. A continuación, se verá un desglose del presupuesto de un movimiento de tierra y del edificio prefabricado de hormigón.

6.4.1 Movimiento de tierras

Una empresa constructora nos ha proporcionado un orden de magnitud para el movimiento de tierras de una superficie de 24m² en una zona genérica.

Obra civil (Para edificio de 6x4m):	€	%
E02 ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO	869,51	3,97
E03 RED DE SANEAMIENTO	2.301,73	10,5
E04 CIMENTACIONES	828,79	3,78
E05 ESTRUCTURAS	5.973,22	27,26
E07 CERRAMIENTOS Y DIVISIONES	5.826,04	26,59
E08 REVESTIMIENTOS Y FALSOS TECHOS	702,14	3,2
E13 CARPINTERÍA DE MADERA	451,2	2,06
E14 CARP. DE ALUMINIO, POLIURETANO Y PVC	887,86	4,05
E17 ELECTRICIDAD Y DOMÓTICA	2.531,75	11,55
E18 ILUMINACIÓN	473,04	2,16
E26 PROTECCIÓN	361,44	1,65
E27 PINTURAS Y TRAT. ESPECÍFICOS	707,02	3,23
Total:	21.913,73	

Tabla 1: Desglose del coste del movimiento de tierras

6.4.2 Envolvente

Para la envolvente se ha utilizado el edificio prefabricado de hormigón monobloque EHC8S, es una envolvente de hormigón monobloque, del catálogo de edificios prefabricados de hormigón de la empresa Schneider Electric.

Características:

- 18,75 m²
- Puertas peatonales: 1
- Huecos para transformador: 0
- Referencia: EHC8S
- PVR: 18.922€

Sumando la envolvente y la obra civil, cada caseta que no se ponga supone un ahorro de 40.835,73€.

6.5 Electrónica

La electrónica también se vería afectada por la nueva norma, los sistemas convencionales usaban equipo de control de posición y CCS compatibles con la tecnología convencional, en cambio la normativa IEC 61850 necesita de switches, IEDs (Intelligent Electronic Device) y CCS compatibles con la nueva normativa.

Los mini ULCs son equipos de adquisición de datos de campo que estaban instalados en cada bastidor de relés, había aproximadamente 1 por cada interruptor en cada parque de la subestación. El coste de cada equipo de control de posición es de 15.000€ cada unidad, precio aportado por el director del proyecto de fin de grado.

El CCS (unidad central del control de la subestación), es el dispositivo que está instalado en el edificio de control de la subestación con el que se realizan las tareas de supervisión. Con la nueva norma se sigue necesitando este dispositivo, pero se necesitan dos en vez de uno convencional. El precio de cada CCS convencional es de 55.000€ mientras que un CCS compatible con el 61850 tiene un precio de 25.000€, ambos precios proporcionados por el director del proyecto de fin de grado.

IED (dispositivo electrónico inteligente): los IEDs en la industria eléctrica reciben datos de los sensores y diversos dispositivos eléctricos, y puede informar los comandos de control, tales como interruptores que se disparan cuando se detectan voltajes, corrientes o frecuencias anómalas, cuando se suceden las variaciones por el aumento o niveles de tensión inferior para mantener el nivel deseado. En una subestación IEC 61850 se necesitan 2 IEDs en cada posición de cada parque de la subestación. El precio utilizado en este proyecto de fin de grado nos lo ha proporcionado la empresa Schneider Electric, aquí un desglose de algunas de sus características:

P3 Advanced para Feeder, modelo P3F30.Tipo REL52102:

- Equipo de protección Easergy P3F30 con 5 entradas de TI (1A/5A) y 4 entradas de tensión, con 28 entradas y 17 salidas digitales y comunicación ETHERNET con 2 puertos RJ45.
- Alimentación a 110 - 230Vcc.
- Alimentación Entradas Digitales a 110-230Vcc/ca.
- PVR: 5.044€.

En un switch la función básica de un switch es la de unir o conectar dispositivos en red. Un switch no proporciona por si solo conectividad con otras redes. Junto al cableado, constituyen las redes de área local o LAN. Se necesitarían 2 switches por subestación más 1 por cada posición. El precio de cada unidad de switches PTP sería de 4.000€ cada una, precio proporcionado por el director del proyecto.

Los bastidores convencionales rondan los 11.000€, con la tecnología IEC 61850 se puede instalar un bastidor por cada 2 posiciones y tiene un coste aproximado de 3.500€ pero hay que sumarle la caja donde se instalan los ICM de cada posición: 7.900€.

La nueva norma necesita una caja de fuerza (o caja de SSAA) ya que el cable de servicios auxiliares ya no iría a la caja de centralización si no a esta caja de fuerza que costaría 1.900€.

6.6 ¿400kV o 220kV?

La herramienta programada sobre la que trata este proyecto tendrá dos inputs posibles en cuanto a la tensión del parque, que son 400 o 220kV.

Las distancias de los ejemplos de subestación para el cableado de la apartamentada están basadas en parques de 400kV por lo que el coste/ahorro que suponen el cableado de cobre de los interruptores, seccionadores o transformadores de medida irá multiplicado por una constante (K), basada en las diferencias entre las distancias que ha de haber entre conductores, conductor-estructura y anchura de la calle entre 400 y 220kV. Así se ha hallado la constante denominada K:

	220kV	400kV
Distancia entre conductores:	1.100mm	1.800mm
Distancia conductor-estructura:	1.100mm	1.550mm
Anchura de la calle:	13.500mm	20.000mm

$$K = \frac{\frac{1.100}{1.800} + \frac{1.100}{1.550} + \frac{13.500}{20.000}}{3} = 0,673$$

Para un parque de 220kV el programa calculará para el número de interruptores y demás parte de la apartamentada el ahorro/coste adicional del cobre de la apartamentada como si fuera un parque de 400kV y después lo multiplicará por K para ajustar el coste a un parque más reducido, como es el caso de 220kV en comparación con 400kV.

6.7 Manual de usuario

6.7.1 Estructura del programa

El programa se basa en la programación en C aprendida en la asignatura de Fundamentos de Informática en el primer curso del grado de ingeniería electromecánica. Las herramientas que se han utilizado en la elaboración de esta herramienta son:

El programa empieza con tres `#include`: `#include <stdio.h>`, `#include <math.h>` y `#include <stdlib.h>`, el primero contiene las funciones básicas de la programación en C, el segundo contiene comandos para raíces cuadradas y algunas operaciones matemáticas más y el tercero permite utilizar ficheros de texto y binarios.

El programa utiliza `#define` para definir constantes y solo tener que cambiarlas en un lugar en vez de en las partes del código que se utilicen, hay cuatro grupos de defines en este proyecto: los que incluyen el ahorro/coste adicional del cableado de la apartamentada, los precios de los dispositivos electrónicos tanto convencionales como compatibles con el 61850.

El programa tiene dos funciones: la función `main` y la función `AhorroIEC`, la primera recibe las entradas con las características de las funciones: el número de posiciones de reactancias, transformadores y líneas aéreas, estas entradas estarán dentro de un bucle `do-while` para poder permitir el error humano y volver a pedir la entrada correspondiente, la tensión a elegir entre 220kV o 400kV que se hará con un `switch case` y entre las configuraciones de interruptor y medio o doble barra con otro `switch case` similar al anterior.

Lo siguiente es llamar a la función `AhorroIEC` que recibe de la función principal las entradas (el número de posiciones de reactancias, transformadores y líneas aéreas, el nivel de tensión y la configuración) y además tiene tres punteros para enviar a la función principal tres variables con los valores de los ahorros en el cableado de la apartamentada, la electrónica y la obra civil que se consiguen en `AhorroIEC`. En esta función se utiliza la información conseguida en los apartados 5.2 al 5.6 para hacer una estimación precisa.

Por último, el programa guardará 2 ficheros: `Presupuestos` y `Desglose`, en el primero se guarda el ahorro en las tres partes antes mencionadas y en el segundo se hace un desglose detallado de cada parte para que se pueda observar que partes suponen un ahorro y cuales un coste adicional.

6.7.2 Guía para el usuario

En este apartado se hará una breve guía para el usuario (la guía para el usuario completa se encontrará en el Documento II: Anexos) para cualquier persona con conocimientos de subestaciones y con una idea ya hecha de cuantos parques necesitas, con que tensión, cuantas reactancias, posiciones con transformadores o líneas aéreas y su configuración.

El programa nos pide el número de posiciones de reactancias, transformadores y líneas aéreas, a continuación, nos preguntará la tensión del parque y su configuración. Una vez tenga todos nuestros datos nos lo mostrará en pantalla.

El programa nos permite desglosar el presupuesto obtenido en el cableado de la apartamenta, la obra civil y en la electrónica.

7. Casos considerados

En este apartado se hablarán de los casos que se tomarán en cuenta para sacar las conclusiones que nos arroja el programa.

Para ello haremos cinco pruebas:

7.1 Primera prueba

En la primera prueba se intentará ver si existe una relación lineal a medida que aumentas el número de posiciones en el presupuesto general de la configuración de doble barra, por lo que se mantendrá la configuración y la tensión, para ello se harán tres ejecuciones al programa:

En la primera ejecución nuestro parque tendrá las siguientes características:

- Configuración: Doble barra
- Tensión: 400kV
- Número de reactancias: 1
- Número de transformadores: 0
- Número de líneas aéreas: 2

En la segunda ejecución nuestro parque tendrá las siguientes características:

- Configuración: Doble barra
- Tensión: 400kV
- Número de reactancias: 1
- Número de transformadores: 0
- Número de líneas aéreas: 5

En la tercera ejecución nuestro parque tendrá las siguientes características:

- Configuración: Doble barra
- Tensión: 400kV
- Número de reactancias: 1
- Número de transformadores: 0
- Número de líneas aéreas: 8

A continuación, se muestra las tablas con los resultados:

Cableado de la aparamenta	Primera ejecución		Segunda ejecución		Tercera ejecución	
	nº	Ahorro/Coste (€)	nº	Ahorro/Coste (€)	nº	Ahorro/Coste (€)
Seccionadores	12	4476	24	8952	36	13428
Interruptores	4	4860	7	8505	10	12150
TI	4	-500	7	-875	10	-1250
TT	4	4400	7	7700	10	11000
TC	2	1800	5	4500	8	7200
Total(€):		15036	Total(€):	28782	Total(€):	42528

Tabla 2: Prueba 1, El cableado de la aparamenta

Electrónica	Primera ejecución		Segunda ejecución		Tercera ejecución	
	nº	Ahorro/Coste (€)	nº	Ahorro/Coste (€)	nº	Ahorro/Coste (€)
mini ULCs	4	60000	7	105000	10	150000
Switches	6	-24000	9	-36000	12	-48000
IED	6	-30264	12	-60628	18	-90792
Cambio de CCS	-	5000	-	5000	-	5000
Bastidores	-	4050	-	8100	-	12150
Caja de fuerza	3	-5700	6	-11400	9	-17100
Total(€):		9086€	Total(€):	10172	Total(€):	11258

Tabla 3: Prueba 1, Electrónica

Obra civil	Primera ejecución	Segunda ejecución	Tercera ejecución
	Ahorro/Coste (€)	Ahorro/Coste (€)	Ahorro/Coste (€)
Casetas	32500	65000	97500

Tabla 4: Prueba 1, Obra civil

7.2 Segunda prueba

En la segunda prueba se intentará ver si existe una relación lineal a medida que aumentas el número de posiciones en el presupuesto general de la configuración de interruptor y medio, por lo que se mantendrá la configuración y la tensión, para ello se harán tres ejecuciones al programa:

En la primera ejecución nuestro parque tendrá las siguientes características:

- Configuración: Interruptor y medio
- Tensión: 400kV
- Número de reactancias: 1
- Número de transformadores: 0
- Número de líneas aéreas: 2

En la segunda ejecución nuestro parque tendrá las siguientes características:

- Configuración: Interruptor y medio
- Tensión: 400kV
- Número de reactancias: 1
- Número de transformadores: 0
- Número de líneas aéreas: 5

En la tercera ejecución nuestro parque tendrá las siguientes características:

- Configuración: Interruptor y medio
- Tensión: 400kV
- Número de reactancias: 1
- Número de transformadores: 0
- Número de líneas aéreas: 8

A continuación, se muestra las tablas con los resultados:

Cableado de la aparamenta	Primera ejecución		Segunda ejecución		Tercera ejecución	
	nº	Ahorro/Coste (€)	nº	Ahorro/Coste (€)	nº	Ahorro/Coste (€)
Seccionadores	12	4476	30	11190	42	15666
Interruptores	4	4860	9	10935	13	15795
TI	4	-500	9	-1125	13	-1625
TT	4	4400	9	9900	13	14300
TC	2	1800	5	4500	8	7200
	Total(€):	15036	Total(€):	35400	Total(€):	51336

Tabla 5: Prueba 2, Cableado de la aparamenta

Electrónica	Primera ejecución		Segunda ejecución		Tercera ejecución	
	nº	Ahorro/Coste (€)	nº	Ahorro/Coste (€)	nº	Ahorro/Coste (€)
mini ULCs	4	60000	9	135000	13	195000
Switches	6	-24000	11	-44000	15	-60000
IED	6	-30264	12	-60528	18	-90792
Cambio de CCS	-	5000	-	5000	-	5000
Bastidores	-	4050	-	8100	-	12150
Caja de fuerza	3	-5700	6	-11400	9	-17100
	Total(€):	9086€	Total(€):	32172	Total(€):	44258

Tabla 6: Prueba 2, Electrónica

Obra civil	Primera ejecución	Segunda ejecución	Tercera ejecución
	Ahorro/Coste (€)	Ahorro/Coste (€)	Ahorro/Coste(€)
Casetas	32500	97500	130000

Tabla 7: Prueba 2, Obra civil

7.3 Tercera prueba

En la tercera prueba en el caso de tener una configuración de interruptor y medio, de 400kV, se probará si la reactancia tiene mucho impacto en el precio en comparación a una de transformadores:

En la primera ejecución nuestro parque tendrá las siguientes características:

- Configuración: Interruptor y medio
- Tensión: 400kV
- Número de reactancias: 1
- Número de transformadores: 2
- Número de líneas aéreas: 0

En la segunda ejecución nuestro parque tendrá las siguientes características:

- Configuración: Interruptor y medio
- Tensión: 400kV
- Número de reactancias: 0
- Número de transformadores: 3
- Número de líneas aéreas: 0

A continuación, se muestra las tablas con los resultados:

Cableado de la aparamenta	Primera ejecución		Segunda ejecución	
	nº	Ahorro/Coste (€)	nº	Ahorro/Coste (€)
Seccionadores	12	4476	15	5595
Interruptores	4	4860	4	4860
TI	4	-500	4	-500
TT	4	4400	4	4400
TC	2	1800	3	1800
	Total(€):	15036	Total(€):	17055

Tabla 8: Prueba 3, Cableado de la aparamenta

Electrónica	Primera ejecución		Segunda ejecución	
	nº	Ahorro/Coste (€)	nº	Ahorro/Coste (€)
mini ULCs	4	60000	4	60000
Switches	6	-24000	6	-24000
IED	6	-30264	6	-30264
Cambio de CCS	-	5000	-	5000
Bastidores	-	4050	-	4050
Caja de fuerza	3	-5700	3	-5700
	Total(€):	9086	Total(€):	9086

Tabla 9: Prueba 3, Electrónica

Obra civil	Primera ejecución	Segunda ejecución
	Ahorro/Coste (€)	Ahorro/Coste (€)
Casetas	32500	32500

Tabla 10: Prueba 3, Obra civil

7.4 Cuarta prueba

En la cuarta prueba veremos las diferencias entre la configuración de doble barra e interruptor y medio:

En la primera ejecución nuestro parque tendrá las siguientes características:

- Configuración: Interruptor y medio
- Tensión: 400kV
- Número de reactancias: 1
- Número de transformadores: 2
- Número de líneas aéreas: 3

En la segunda ejecución nuestro parque tendrá las siguientes características:

- Configuración: Doble barra
- Tensión: 400kV
- Número de reactancias: 1
- Número de transformadores: 2
- Número de líneas aéreas: 3

A continuación, se muestra las tablas con los resultados:

Cableado de la apartamenta	Primera ejecución		Segunda ejecución	
	nº	Ahorro/Coste (€)	nº	Ahorro/Coste (€)
Seccionadores	30	11190	24	8952
Interruptores	9	10935	7	8505
TI	9	-1125	7	-875
TT	9	9900	7	7700
TC	5	4500	5	4500
	Total(€):	35400	Total(€):	28782

Tabla 11: Prueba 4, Cableado de la apartamenta

Electrónica	Primera ejecución		Segunda ejecución	
	nº	Ahorro/Coste (€)	nº	Ahorro/Coste (€)
mini ULCs	9	135000	7	105000
Switches	11	-44000	9	-36000
IED	12	-60528	12	-60528
Cambio de CCS	-	5000	-	5000
Bastidores	-	8100	-	8100
Caja de fuerza	6	-11400	6	-11400
	Total(€):	32172	Total(€):	10172

Tabla 12: Prueba 4, Electrónica

Obra civil	Primera ejecución	Segunda ejecución
	Ahorro/Coste (€)	Ahorro/Coste (€)
Casetas	97500	65000

Tabla 13: Prueba 4, Obra civil

7.5 Quinta prueba

En la quinta prueba veremos las diferencias entre si el parque es de 220kV o de 400kV:

En la primera ejecución nuestro parque tendrá las siguientes características:

- Configuración: Interruptor y medio
- Tensión: 400kV
- Número de reactancias: 1
- Número de transformadores: 2
- Número de líneas aéreas: 1

En la segunda ejecución nuestro parque tendrá las siguientes características:

- Configuración: Interruptor y medio
- Tensión: 220kV
- Número de reactancias: 1
- Número de transformadores: 2
- Número de líneas aéreas: 1

A continuación, se muestra las tablas con los resultados:

Cableado de la aparamenta	Primera ejecución		Segunda ejecución	
	nº	Ahorro/Coste (€)	nº	Ahorro/Coste (€)
Seccionadores	20	7460	20	5020
Interruptores	6	7290	6	4906
TI	6	-750	6	-505
TT	6	6600	6	4442
TC	3	2700	3	1817
	Total(€):	23300	Total(€):	15680

Tabla 14: Prueba 5, Cableado de la aparamenta

Electrónica	Primera ejecución		Segunda ejecución	
	nº	Ahorro/Coste (€)	nº	Ahorro/Coste (€)
mini ULCs	6	90000	6	90000
Switches	8	-32000	8	-32000
IED	8	-40352	8	-40352
Cambio de CCS	-	5000	-	5000
Bastidores	-	5400	-	5400
Caja de fuerza	4	-7600	4	-7600
	Total(€):	20448	Total(€):	20448

Tabla 15: Prueba 5, Electrónica

Obra civil	Primera ejecución	Segunda ejecución
	Ahorro/Coste (€)	Ahorro/Coste (€)
Casetas	65000	65000

Tabla 16: Prueba 5, Obra civil

8. Conclusiones

En este apartado se analizarán las cinco pruebas que se han llevado a cabo, al final del apartado se hará una valoración conjunta de ellas.

En la *prueba 1*: se buscaba analizar como la herramienta nos mostraba como evolucionaba el ahorro en una subestación con configuración de doble barra cuando aumentábamos el número de posiciones.

En la parte del cableado de la aparamenta (tabla 2) se observa como en el ahorro total del cableado varía linealmente cuando aumentamos las posiciones: 5012€/posición en la primera ejecución, 4797€/posición en la segunda ejecución y 4725€/posición en la tercera ejecución, se observa que se mantiene la proporción con una ligera disminución debido a que esta configuración tiene un interruptor, un TI y un TT para cambiar de barra independientemente del número de posiciones.

En la parte de la electrónica como muestra la tabla 3: 3029€/posición en la primera ejecución, 1695€/posición en la segunda ejecución y 1251€/posición en la tercera ejecución, se observa que conforme aumentamos el número de posiciones el ahorro continua creciendo en el total pero si analizamos el ahorro por posición decrece debido a que cada posición nueva necesita 2 IEDs y 1 switch mientras que solo te evitas 1 mini ULC por lo que por cada posición que suma menos, pero siempre se conseguirá ahorrar.

En la parte de la obra civil (tabla 4), se ve como aumenta el ahorro al aumentar el número de posiciones, debido a que se ahorran mas casetas. Pero el matiz más importante es que ahorras el 57% en la primera ejecución de la obra civil, un 62,5% en la segunda y un 67,8% en la tercera, por lo que el mayor ahorro de la norma viene al evitarse las casetas en la subestación.

En la prueba 2: se buscaba analizar como la herramienta nos mostraba como evolucionaba el ahorro en una subestación con configuración de interruptor y medio cuando aumentábamos el número de posiciones.

En la parte del cableado de la apartamentada (tabla 5) se observa que tiene un comportamiento lineal similar al que tenía con la configuración de doble barra: 5012€/posición en la primera ejecución, 5900€/posición en la segunda ejecución y 5704€/posición en la tercera ejecución, se observa que conforme aumentamos el número de posiciones el ahorro continúa creciendo en el total y aumenta de forma lineal.

En la parte de electrónica (tabla 6) se obtiene: 3029€/posición en la primera ejecución, 5362€/posición en la segunda ejecución y 4917€/posición en la tercera ejecución, tiene un comportamiento muy irregular.

En la parte de obra civil (tabla 7) se obtienen conclusiones similares a las que se obtenían: el ahorro del 57% en la primera ejecución de la obra civil, un 59% en la segunda y un 57% en la tercera, por lo que se sigue manteniendo que el mayor ahorro esta en la obra civil también en esta configuración.

En la prueba 3: se quería ver en la influencia en la herramienta la diferencia entre un parque con reactancia y otro sin.

En la parte del cableado de la apartamentada (tabla 8): se observa una gran diferencia, en la ejecución con la reactancia además de dos líneas adicionales de transformación tiene 3 seccionadores más y el resto se mantienen iguales a un parque con tres posiciones de transformación, lo que supone menor ahorro (2000€) ya que supone menos inversión en seccionadores.

En la parte de la electrónica (tabla 9): no se observa ninguna diferencia debido a que tiene la misma electrónica una posición de reactancia a una posición de transformadores.

En la parte de la obra civil no se observa apenas ninguna diferencia.

En la prueba 4: se busca analizar las diferencias entre las configuraciones de doble barra e interruptor y medio.

El cableado de la aparamenta tiene importantes variaciones como se puede observar en la tabla 11, la configuración de interruptor y medio tiene más seccionadores, interruptores, TIs y TTs que la doble barra, mientras que el número de TCs es el mismo, por lo que para interruptor y medio supone un mayor ahorro.

En la electrónica, la historia es la misma que en el cableado de la aparamenta, al tener más interruptores se ahorran más ULCs y el resto se mantiene igual.

En la obra civil (tabla 13) se observa un importante cambio ya que para este número de posiciones la configuración de doble barra utiliza menos casetas y supone un gran ahorro.

En conclusión, la norma IEC 61850 permite ahorrar a ambas configuraciones, teniendo un efecto más pronunciado en interruptor y medio.

En la prueba 5: se pretende encontrar la diferencia entre dos parques de las mismas posiciones, pero uno de 220kV y otro de 400kV.

En la parte de cableado de la aparamenta (tabla 14) se ve la mayor diferencia, a igual número de interruptores, seccionadores y trafos de medida para 400 kV hay un 23% de diferencia en el ahorro debido a la constante que hemos hallado anteriormente para calcular este dato.

En las partes de electrónica y obra civil no se encuentra diferencia alguna entre estas dos ejecuciones.

Se puede observar que en las tres áreas de estudio: cableado de la aparamenta, electrónica y obra civil, la norma supone un ahorro. En la configuración de interruptor y medio el ahorro es mayor que en doble barra debido a que tiene mayor número de elementos en su aparamenta.

El mayor coste observado es el de la obra civil, en el caso de interruptor y medio la electrónica y el cableado de la aparamenta suponen un ahorro similar y menor que la obra civil, mientras que en la configuración de doble barra el cableado de cobre ahorrado supone un ahorro mayor a la electrónica debido a que esta configuración al tener menos interruptores utiliza menos equipos de control de posición (miniULCs).

9. Futuros desarrollos para la herramienta

En este apartado se hablarán sobre los posibles futuros proyectos de fin de grado que podrían surgir de este.

Empezando por las configuraciones, un futuro proyecto de fin de grado podría añadir las configuraciones que le faltan al programa aparte del interruptor y medio y doble barra, como por ejemplo la de anillo, simple barra, barra partida, doble barra doble interruptor, etc...

También podría añadir más valores posibles de tensión, aparte de 400kV y 220kV, y si se añaden ya subestaciones de media tensión se podría analizar como afectaría la norma a una subestación GIS para media tensión o para baja tensión.

10. Referencias

1. Sánchez Mingarro, M., Subestaciones eléctricas de alta tensión.
2. Red eléctrica de España, Proyecto Técnico Administrativo: NUEVA SUBESTACIÓN DE GOZÓN.
3. Red eléctrica de España, Proyecto Técnico Administrativo: AMPLIACIÓN DE LA SUBESTACIÓN CAMPANARIO 400 kV.
4. Red eléctrica de España, Proyecto Técnico Administrativo: NUEVA SUBESTACIÓN DE ARTÁ 132 KV, 2 TRANSFORMADORES DE TRANSPORTE 132/66 kV 80 MVAs, 2 REACTANCIAS DE 132 KV 17 MVar.
5. Red eléctrica de España, Página web sobre la gestión de la red.
6. Apuntes de la asignatura Fundamentos de la Informática. Curso 2014-2015.
7. Schneider Electric, Media Tensión. Lista de precios Enero 2018.
[Link](#)
8. Pruebas de interoperabilidad para proyecto piloto en bus de proceso multifabricante: [Link](#)
9. Página web de IEC: <http://www.iec.ch/>
10. Fernández Magester, G., Apuntes de subestaciones eléctricas. Curso 2017-2018
11. Rodríguez Herrerías, P. Apuntes de líneas eléctricas. Curso 2017-2018
12. Sánchez Carazo, María Teresa, profesora de Electrotécnica e Instalaciones Eléctricas de media y baja tensión.

Documento II:

Anexos

Índice:

1.	Código del programa.....	4
2.	Dispositivo electrónico inteligente (IED)	19
3.	Guía para el usuario completa.....	20

1. Código del programa

```
#include <stdio.h>
```

```
#include <math.h>
```

```
#include <stdlib.h>
```

```
/*Estos define son la estimación del coste o ahorro con la nueva norma de:  
seccionadores, interruptores, TI, TT y TC*/
```

```
#define P_SECC 373
```

```
#define P_INT 1215
```

```
#define P_TI 125/*Es un coste adicional*/
```

```
#define P_TT 1100
```

```
#define P_TC 900
```

```
/*Estos define son el precio de elementos de la aparamente convencional o con el  
61: miniULC, CCS, Switch, IED (CCM)*/
```

```
#define P_ULC 15000
```

```
#define P_CCS 5000 /*No es el precio es el ahorro entre lo de ahora y lo de  
antes*/
```

```
#define P_SWITCH 4000
```

```
#define P_IED 5044
```

```
#define P_BASTIDOR 1350 /*No es el precio es el ahorro entre lo de ahora y lo de  
antes*/
```

```
#define P_CF 1900
```

```
/*Precio de la envolvente y del movimiento de tierras para una caseta de 4x6 m*/
```

```
#define P_ENVOLVENTE 12500
```

```
#define P_TIERRA 20000
```

```
/*Constante por la que se multiplica el ahorro en 400kV para convertirlo a 220 kV*/
```

```
#define K 0.673
```

```
void AhorroIEC(int n_reac, int n_tfo, int n_aer, int opcion_t, int opcion_c, float  
*ah_apa ,float *ah_elec, float *ah_oc);
```

```
int main(void)
```

```
{
```

```
    int n_reac, n_tfo, n_aer; /*Número de posiciones de reactancias, líneas de  
transformadores y líneas aéreas*/
```

```
    int opcion_t, opcion_c; /*Con estos int elegimos la tensión y la configuración*/
```

```
    float ah_apa, ah_elec, ah_oc; /*Ahorro o coste adicional que supone la  
aparamenta, electrónica y obra civil*/
```

```
    FILE *Presupuesto;
```

```
    printf("Este programa le ayudara a estimar el ahorro/coste adicional que  
supondria adaptar su subestacion a la norma IEC 61850 \n");
```

```
    printf("\n");
```

```
do {
```

```
    printf("¿Cuántas posiciones con reactancias tiene su subestacion? \n");
```

```
    scanf("%d", &n_reac);
```

```
}while (n_reac<0);
```

```
do {
```

```
    printf("¿Cuántas posiciones con transformadores tiene su subestacion? \n");
```

```
    scanf("%d", &n_tfo);
```

```
}while (n_tfo<0);
```

```
do {
```

```
    printf("¿Cuántas posiciones con lineas aereas tiene su subestacion? \n");
```

```
    scanf("%d", &n_aer);
```

```

}while (n_aer<0);

do {
    printf("¿Que tension desea utilizar? \n");
    printf("1: 220kV          2: 400kV\n");
    scanf("%d", &opcion_t);
}while (opcion_t>2 || opcion_t<1);

switch (opcion_t) {

case 1:
    do {
        printf("¿Su subestacion es doble barra o interruptor y medio?\n");
        printf("1: Doble Barra          2: Interruptor y medio\n");
        scanf("%d", &opcion_c);
    }while (opcion_c>2 || opcion_c<1);
    switch(opcion_c) {

        case 1:
            printf("\nUsted ha elegido una subestacion con:\n%d posiciones de
reactancias, %d posiciones con transformadores y %d posiciones con lineas
aereas\n", n_reac, n_tfo, n_aer);
            if(opcion_t==1){
                printf("220kV\n ");
            }else{
                printf("400kV\n ");
            }
            if(opcion_c==1){
                printf("Doble Barra\n");
            }else{
                printf("Interruptor y medio\n");
            }
        }
    }

```

```

break;

case 2:
    printf("\nUsted ha elegido una subestacion con:\n%d posiciones de
reactancias, %d posiciones con transformadores y %d posiciones con lineas
aereas\n", n_reac, n_tfo, n_aer);
    if(opcion_t==1){
        printf("220kV\n");
    }else{
        printf("400kV\n");
    }
    if(opcion_c==1){
        printf("Doble Barra\n");
    }else{
        printf("Interruptor y medio\n");
    }
}
break;

case 2:
do {
    printf("¿ Su subestacion es doble barra o interruptor y medio?\n");
    printf("1: Doble Barra      2: Interruptor y medio\n");
    scanf("%d", &opcion_c);
}while (opcion_c>2 || opcion_c<1);
switch(opcion_c) {

case 1:
    printf("\nUsted ha elegido una subestacion con:\n%d posiciones de
reactancias, %d posiciones con transformadores y %d posiciones con lineas
aereas\n", n_reac, n_tfo, n_aer);
    if(opcion_t==1){
        printf("220kV\n");

```



```

    }else{
        printf("400kV\n");
    }
    if(opcion_c==1){
        printf("Dobre Barra\n");
    }else{
        printf("Interruptor y medio\n");
    }
    break;

case 2:
    printf("\nUsted ha elegido una subestacion con:\n%d posiciones de
reactancias, %d posiciones con transformadores y %d posiciones con lineas
aereas\n", n_reac, n_tfo, n_aer);
    if(opcion_t==1){
        printf("220kV\n");
    }else{
        printf("400kV\n");
    }
    if(opcion_c==1){
        printf("Dobre Barra\n");
    }else{
        printf("Interruptor y medio\n");
    }
    break;
}
break;
default: printf("Esa opcion no es correcta.");
printf("\nVuelva a intentarlo\n");
}

printf("\n");

```

```

printf("\n");

/*Ahora el programa calculará el ahorro de cada apartado*/
AhorroIEC(n_reac, n_tfo, n_aer, opcion_t, opcion_c, &ah_apa, &ah_elec,
&ah_oc);

printf("\n");
printf("\n");

printf("PRESUPUESTO GENERAL:\n");
if(ah_apa>0){
    printf("Aparamenta:Ahorro de %.2f\n", ah_apa);
}else{
    printf("Aparamenta:Coste adicional de %.2f\n", ah_apa);
}
if(ah_elec>0){
    printf("Dispositivos electronicos:Ahorro de %.2f\n", ah_elec);
}else{
    printf("Dispositivos electronicos:Coste adicional de %.2f\n", ah_elec);
}
if(ah_oc>0){
    printf("Obra civil:Ahorro de %.2f\n", ah_oc);
}else{
    printf("Obra civil:Coste adicional de %.2f\n", ah_oc);
}

Presupuesto=fopen("C:\\Users\\Juan\\Desktop\\ICAI\\PFG\\TFG\\TFG\\Presupuesto
.txt", "w");
if(Presupuesto==NULL){
    printf("Error de apertura");
}else{
    fprintf(Presupuesto,"Presupuesto general:\n");

```

```

fprintf(Presupuesto,"Aparamenta:Ahorro de %.2f€\n", ah_apa);
fprintf(Presupuesto,"Dispositivos electronicos:Ahorro de %.2f€\n", ah_elec);
fprintf(Presupuesto,"Obra civil:Ahorro de %.2f€\n", ah_oc);
/*Cerramos el fichero*/
if(fclose(Presupuesto)!=0){
    printf("Error al cerrar le fichero\n");
}
}

printf("\n");
printf("\n");

return 0;
}

```

```

void AhorrolEC(int n_reac,int n_tfo,int n_aer,int opcion_t,int opcion_c,float *ah_apa
,float *ah_elec,float *ah_oc){

```

```

float n_secc, n_int, n_ti, n_tt, n_tc; /*Número totales de seccionadores,
interruptores, tt, tc y ti*/

```

```

int n_tot, n_pot; /*Número totales de posiciones y numero totales de posiciones
de potencia (sin reactancia)*/

```

```
float n_casetas;
```

```
float ah_ulc, ah_switch, ah_IED, ah_CCS, ah_CF, ah_BASTIDOR;
```

```
int opcion_p, continuar;
```

```
float ah_secc,ah_int,ah_ti,ah_tt,ah_tc;
```

```
float n_ULC, n_switch, n_IED, n_CF, n_BASTIDOR;
```

```
FILE *Desglose;
```

```
n_pot=n_tfo+n_aer;
```

```
n_tot=n_reac+n_pot;
```

```
/*Ahora el programa calculará el ahorro o coste adicional de la aparamenta*/
```

```
if(opcion_c==2){ /*Si el usuario elige la configuración de interruptor y medio */
```

```
  if (n_reac==1){
```

```
    if (n_tot % 2==0){
```

```
      n_secc= n_tot*5;
```

```
      n_int=1.5*n_tot;
```

```
      n_ti=1.5*n_tot;
```

```
      n_tt=n_ti ;
```

```
      n_tc=1*n_pot;
```

```
      n_casetas=0.5*n_tot;
```

```
    }else{
```

```
      n_secc= (1+1)+(n_tot-1)*(1+4);
```

```
      n_int=1+1.5*(n_tot-1);
```

```
      n_ti=1+1.5*(n_tot-1);
```

```
      n_tt=n_ti ;
```

```
      n_tc=1*n_pot;
```

```
      n_casetas=0.5*(n_tot-1);
```

```
    }
```

```
  }else{
```

```
    if (n_tot % 2==0){
```

```
      n_secc= n_tot*(1+4);
```

```
      n_int=1.5*(n_tot);
```

```
      n_ti=1.5*n_tot;
```

```
      n_tt=n_ti;
```

```
      n_tc=1*n_pot;
```

```
      n_casetas= 0.5* n_tot;
```

```
    }else{
```

```
      n_secc=n_tot*(1+4);
```

```
      n_int=1+1.5*(n_tot-1);
```



```

/*Ahora el programa calculará el ahorro o coste adicional de la electrónica*/
ah_ulc=(n_int)*P_ULC;
n_ULC=n_int;
ah_switch=(2+n_int)*P_SWITCH;
n_switch=2+n_int;
ah_IED=(2*n_tot)*P_IED;
n_IED=2*n_tot;
ah_CCS=P_CCS;
n_CF=n_tot;
ah_CF=P_CF*n_CF;
n_BASTIDOR=n_tot;
ah_BASTIDOR=P_BASTIDOR*n_BASTIDOR;
*ah_elec=ah_ulc-ah_switch-ah_IED+ah_CCS-ah_CF+ah_BASTIDOR;

/*Ahora el programa calculará el ahorro o coste adicional de la obra civil*/
*ah_oc=n_casetas*(P_TIERRA+P_ENVOLVENTE);

/*Aquí el programa dejará elegir si mostrar el desglose del presupuesto o solos
los tres grandes*/
do {
    printf("El programa le hara una estimacion de el ahorro/coste adicional del
cableado de la apartamenta, la electronica y la obra civil \n");
    printf("El programa ademas le ofrece 6 opciones:\n");
    printf("1: Desglose de las unidades de apartamenta calculada\n");
    printf("2: Desglose de las unidades de apartamenta calculada y el ahorro/coste
adicional de la apartamenta\n");
    printf("3: Desglose de los dispositivos electronicos\n");
    printf("4: Desglose de los dispositivos electronicos y el ahorro/coste adicional
en cada uno\n");
    printf("5: Opciones 2 y 4\n");
    printf("6: Solo quiero ver el presupuesto de manera general\n");
    scanf("%d", &opcion_p);
}

```

```

}while (opcion_p>6 || opcion_p<1);

printf("\n");

switch (opcion_p) {

case 1:
    printf("Ha elegido la opcion 1:\n");
    printf("Desglose de las unidades de aparamenta supuestas\n\n");
    printf("Numero de seccionadores estimados: %.0f\n", n_secc);
    printf("Numero de interruptores estimados: %.0f\n", n_int);
    printf("Numero de transformadores de intensidad estimados: %.0f\n", n_ti);
    printf("Numero de transformadores de tension estimados: %.0f\n", n_tt);
    printf("Numero de transformadores de capacitivos: %.0f\n", n_tc);

break;

case 2:
    printf("Ha elegido la opcion 2:\n");
    printf("Desglose de las unidades de aparamenta y el ahorro/coste adicional
de la aparamenta supuesta\n\n");
    printf("Numero de seccionadores estimados: %.0f\n", n_secc);
    printf("Ahorro en los seccionadores: %.2f\n", ah_secc);
    printf("Numero de interruptores estimados: %.0f\n", n_int);
    printf("Ahorro en los interruptores: %.2f\n", ah_int);
    printf("Numero de transformadores de intensidad estimados: %.0f\n", n_ti);
    printf("Coste adicional de los transformadores de intensidad: %.2f\n", ah_ti);
    printf("Numero de transformadores de tension estimados: %.0f\n", n_tt);
    printf("Ahorro de los transformadores de tension: %.2f\n", ah_tt);
    printf("Numero de transformadores de capacitivos: %.0f\n", n_tc);
    printf("Ahorro de los transformadores capacitivos: %.2f\n", ah_tc);

break;

```

case 3:

```
printf("Ha elegido la opcion 3:\n");  
printf("Desglose de los dispositivos electronicos\n\n");  
printf("Numero de mini ULCs que ya no se utilizan: %.0f\n", n_ULC);  
printf("Numero de switches que habria que incorporar: %.0f\n", n_switch);  
printf("Numero de IEDs que habria que incorporar: %.0f\n", n_IED);  
printf("Numero de CFs que habria que incorporar: %.0f\n", n_CF);
```

break;

case 4:

```
printf("Ha elegido la opcion 4:\n");  
printf("Desglose de los dispositivos electronicos y y el ahorro/coste  
adicional de cada uno\n\n");  
printf("Numero de mini ULCs que ya no se utilizan: %.0f\n", n_ULC);  
printf("Ahorro en los mini ULCs: %.2f\n", ah_ulc);  
printf("Numero de switches que habria que incorporar: %.0f\n", n_switch);  
printf("Coste adicional que supondran los switches: %.2f\n",ah_switch);  
printf("Numero de IEDs que habria que incorporar: %.0f\n", n_IED);  
printf("Coste adicional que supondran los IED: %.2f\n",ah_IED);  
printf("Ahorro en el cambio de CCSs: %.0f\n",ah_CCS);  
printf("Numero de CFs que habria que incorporar: %.0f\n", n_CF);  
printf("Coste adicional que supondran los IED: %.2f\n",ah_CF);  
printf("Ahorro que supondran los basidores: %.2f\n",ah_BASTIDOR);
```

break;

case 5:

```
printf("Ha elegido la opcion 5:\n");  
printf("\n");  
printf("Desglose completo con todos los costes adicionales/ahorros de la  
aparamenta\n");  
printf("Numero de seccionadores estimados: %.0f\n", n_secc);
```



```

printf("Ahorro en los seccionadores: %.2f\n", ah_secc);
printf("Numero de interruptores estimados: %.0f\n", n_int);
printf("Ahorro en los interruptores: %.2f\n", ah_int);
printf("Numero de transformadores de intensidad estimados: %.0f\n", n_ti);
printf("Coste adicional de los transformadores de intensidad: %.2f\n", ah_ti);
printf("Numero de transformadores de tension estimados: %.0f\n", n_tt);
printf("Ahorro de los transformadores de tension: %.2f\n", ah_tt);
printf("Numero de transformadores de capacitivos: %.0f\n", n_tc);
printf("Ahorro de los transformadores capacitivos: %.2f\n", ah_tc);
printf("\n");
printf("Desglose de los dispositivos electronicos y y el ahorro/coste
adicional de cada uno\n");
printf("Numero de mini ULCs que ya no se utilizan: %.0f\n", n_ULC);
printf("Ahorro en los mini ULCs: %.2f\n", ah_ulc);
printf("Numero de switches que habria que incorporar: %.0f\n", n_switch);
printf("Coste adicional que supondran los switches: %.2f\n",ah_switch);
printf("Numero de IEDs que habria que incorporar: %.0f\n", n_IED);
printf("Coste adicional que supondran los IED: %.2f\n",ah_IED);
printf("Ahorro en el cambio de CCSs: %.0f\n",ah_CCS);
printf("Numero de CFs que habria que incorporar: %.0f\n", n_CF);
printf("Coste adicional que supondran los IED: %.2f\n",ah_CF);
printf("Ahorro que supondran los bastidores: %.2f\n",ah_BASTIDOR);
break;

case 6:
    printf("Ha elegido la opcion 6: \n");
break;
}

```

```

Desglose=fopen("C:\\Users\\Juan\\Desktop\\ICAI\\PFG\\TFG\\TFG\\Desglose.txt",
"w");

if(Desglose==NULL){
    printf("Error de apertura");
}else{
    fprintf(Desglose,"Desglose completo con todos los costes
adicionales/ahorros\n\n");

    fprintf(Desglose,"Desglose completo con todos los costes adicionales/ahorros
de la apartamenta\n");

    fprintf(Desglose,"Numero de seccionadores estimados: %.0f\n", n_secc);
    fprintf(Desglose,"Ahorro en los seccionadores: %.2f€\n", ah_secc);
    fprintf(Desglose,"Numero de interruptores estimados: %.0f\n", n_int);
    fprintf(Desglose,"Ahorro en los interruptores: %.2f€\n", ah_int);
    fprintf(Desglose,"Numero de transformadores de intensidad estimados:
%.0f\n", n_ti);
    fprintf(Desglose,"Coste adicional de los transformadores de intensidad:
%.2f€\n", ah_ti);
    fprintf(Desglose,"Numero de transformadores de tension estimados: %.0f\n",
n_tt);
    fprintf(Desglose,"Ahorro de los transformadores de tension: %.2f€\n", ah_tt);
    fprintf(Desglose,"Numero de transformadores de capacitivos: %.0f\n", n_tc);
    fprintf(Desglose,"Ahorro de los transformadores capacitivos: %.2f€\n\n",
ah_tc);

    fprintf(Desglose,"Desglose de los dispositivos electronicos y y el ahorro/coste
adicional de cada uno\n");

    fprintf(Desglose,"Numero de mini ULCs que ya no se utilizan: %.0f\n",
n_ULC);
    fprintf(Desglose,"Ahorro en los mini ULCs: %.2f€\n", ah_ulc);
    fprintf(Desglose,"Numero de switches que habria que incorporar: %.0f\n",
n_switch);
    fprintf(Desglose,"Coste adicional que supondran los switches:
%.2f€\n",ah_switch);
    fprintf(Desglose,"Numero de IEDs que habria que incorporar: %.0f\n", n_IED);
    fprintf(Desglose,"Coste adicional que supondran los IED: %.2f€\n",ah_IED);

```

```

fprintf(Desglose,"Ahorro en el cambio de CCSs: %.0f\n",ah_CCS);
fprintf(Desglose,"Numero de CFs que habria que incorporar: %.0f\n", n_CF);
fprintf(Desglose,"Coste adicional que supondran los CFs: %.2f\n",ah_CF);
fprintf(Desglose,"Ahorro que supondran los bastidores:
%.2f\n",ah_BASTIDOR);

/*Cerramos el fichero*/
if(fcclose(Desglose)!=0){
    printf("Error al cerrar le fichero\n");
}
}

printf("\n");

do{
    printf("Pulse 1 para continuar y ver el presupuesto general\n");
    scanf("%d", &continuar);
}while(continuar!=1);

return;
}

```


2. Dispositivo electrónico inteligente (IED)

Life Is On | **Schneider Electric**

Easergy P3

Solid protection meets unparalleled efficiency

A complete range of protection relays for network applications embedding all the latest communication protocols on serial or Ethernet link.



Product at a glance

Unparalleled efficiency

- Simple selection and ordering with EcoReal MV
- Simplified configuration with the new eSetup Easergy Pro setting tool
- Faster delivery with on-the-shelf availability of standard configurations

Better connectivity

- Simpler operation and maintenance with the Easergy SmartApp
- 9 communication protocols in one box, including IEC 61850
- Increased number of inputs and outputs for more possibilities

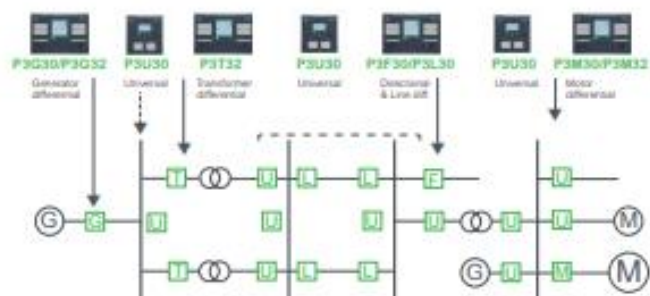
Enhanced safety

- Embedded arc protection
- Built-in virtual injection testing
- Compliant with international standards (i.e. IEC 60255-1)

Easergy P3 is a complete range of protection relays for medium voltage applications, including feeder, motor, transformer, and generator protection.

It embeds all the latest communication protocols on serial or Ethernet links.

Based on more than 100 years of experience in network protection relays, Easergy P3 benefits from the reliability of Sepam, MiCOM and Vamp



3. Guía para el usuario completa

En este apartado se hará una guía para cualquier persona con conocimientos de subestaciones y con una idea ya hecha de cuantos parques necesitas, con que tensión, cuantas reactancias, posiciones con transformadores o líneas aéreas y su configuración.

El programa es un inicio de lo que podría llegar a ser un programa más completo añadiendo tensiones de 150kV, 132kV y otros niveles de tensión hasta media tensión, además de añadir más configuraciones aparte de doble barra e interruptor y medio.

La guía será paso a paso:

1. La subestación ejemplo tiene las siguientes características:
 - 1 parque de 220kV.
 - 1 reactancia.
 - 2 posiciones de transformadores.
 - 2 posiciones de líneas aéreas.
 - Configuración de interruptor y medio.
2. Cada parque requiere de una inicialización del programa, por lo que cada parque tendrá unos ahorros o costes adicionales independientes del resto.
3. Primero preguntará por el número de posiciones de reactancias, de transformadores, y de líneas aéreas, ver figura 1:

```
Este programa le ayudara a estimar el ahorro/coste adicional que supondria adaptar
subestacion a la norma IEC 61850
□ Cuantas posiciones con reactancias tiene su subestacion?
1
□ Cuantas posiciones con transformadores tiene su subestacion?
2
□ Cuantas posiciones con lineas aereas tiene su subestacion?
-1
□ Cuantas posiciones con lineas aereas tiene su subestacion?
2
```

Figura 1: Ejemplo de la herramienta programada

Como se puede observar el programa no admite números negativos, si lo intentas el programa te pregunta de nuevo, para que le digas un número igual o mayor que 0, por arriba no tiene ningún límite.

4. A continuación, se tendrá que introducir la tensión que deseamos, hay que elegir entre la opción 1 y la opción 2. Tenemos dos opciones que nos da el programa 220 o 400kV. Para este ejemplo se ha elegido 220 kV, ver figura 2:

```
⌘ Que tension desea utilizar?
1: 220kV          2: 400kV
3
⌘ Que tension desea utilizar?
1: 220kV          2: 400kV
-1
⌘ Que tension desea utilizar?
1: 220kV          2: 400kV
1
```

Figura 2: Ejemplo de la herramienta programada

El programa como se puede ver en la anterior figura solo te deja elegir entre las opciones 1 y 2, si introduces un número diferente como, por ejemplo -1 o 3, el programa te volverá a preguntar para que elijas entre las opciones posibles que te deja la herramienta.

5. El siguiente paso es elegir la configuración. Al igual que en el paso anterior tenemos dos opciones: doble barra o interruptor y medio, ver figura 3:

```
⌘ Su subestacion es doble barra o interruptor y medio?
1: Doble Barra    2: Interruptor y medio
0
⌘ Su subestacion es doble barra o interruptor y medio?
1: Doble Barra    2: Interruptor y medio
4
⌘ Su subestacion es doble barra o interruptor y medio?
1: Doble Barra    2: Interruptor y medio
2
```

Figura 3: Ejemplo de la herramienta programada

Tiene la misma filosofía de programación que el ejemplo anterior, solo admite las opciones 1 y 2.

Esta es la última entrada que hay que meter al código.

6. Ahora el código te enseñará la información de tu parque para que puedas constatar que es la subestación que tenías en mente:

```
Usted ha elegido una subestacion con:
1 posiciones de reactancias, 2 posiciones con transformadores y 2 posiciones con lineas aereas
220kV
Interruptor y medio
```

Figura 4: Ejemplo de la herramienta programada

7. El siguiente paso será elegir en un menú de 6 opciones:

```
El programa le hara una estimacion de el ahorro/coste adicional del cableado de la
aparamenta, la electronica y la obra civil
El programa ademas le ofrece 6 opciones:
1: Desglose de las unidades de aparamenta calculada
2: Desglose de las unidades de aparamenta calculada y el ahorro/coste adicional de
la aparamenta
3: Desglose de los dispositivos electronicos
4: Desglose de los dispositivos electronicos y el ahorro/coste adicional en cada un
o
5: Opciones 2 y 4
6: Solo quiero ver el presupuesto de manera general
8
El programa le hara una estimacion de el ahorro/coste adicional del cableado de la
aparamenta, la electronica y la obra civil
El programa ademas le ofrece 6 opciones:
1: Desglose de las unidades de aparamenta calculada
2: Desglose de las unidades de aparamenta calculada y el ahorro/coste adicional de
la aparamenta
3: Desglose de los dispositivos electronicos
4: Desglose de los dispositivos electronicos y el ahorro/coste adicional en cada un
o
5: Opciones 2 y 4
6: Solo quiero ver el presupuesto de manera general
1
```

Figura 5: Ejemplo de la herramienta programada

Como se puede ver tiene el mismo mecanismo de seguridad que el resto de los menús. Ahora veremos la respuesta del programa a la opción 1:

```
Ha elegido la opcion 1:
Desglose de las unidades de aparamenta supuestas

Numero de seccionadores estimados: 28
Numero de interruptores estimados: 7
Numero de transformadores de intensidad estimados: 7
Numero de transformadores de tension estimados: 7
Numero de transformadores de capacitivos: 2

Pulse 1 para continuar y ver el presupuesto general
```

Figura 6: Ejemplo de la herramienta programada

A la opción 5, que es la más completa:

```
Ha elegido la opcion 5:
Desglose completo con todos los costes adicionales/ahorros de la aparamenta
Numero de seccionadores estimados: 28
Ahorro en los seccionadores: 10444.00
Numero de interruptores estimados: 7
Ahorro en los interruptores: 8505.00
Numero de transformadores de intensidad estimados: 7
Coste adicional de los transformadores de intensidad: 6825.00
Numero de transformadores de tension estimados: 7
Coste adicional de los transformadores de tension: 350.00
Numero de transformadores de capacitivos: 2
Coste adicional de los transformadores capacitivos: 468.00

Desglose de los dispositivos electronicos y y el ahorro/coste adicional de
cada uno
Numero de mini ULCs que ya no se utilizan: 7
Ahorro en los mini ULCs: 105000.00
Numero de switches que habria que incorporar: 9
Coste adicional que supondran los switches: 36000.00
Numero de IEDs que habria que incorporar: 10
Coste adicional que supondran los IED: 50440.00
Ahorro en el cambio de CCSs: 5000
```

Figura 7: Ejemplo de la herramienta programada

8. Ahora el programa nos pedirá un 1 para continuar y nos mostrará el ahorro en las tres partes:

```
Pulse 1 para continuar y ver el presupuesto general
1

PRESUPUESTO GENERAL:
Aparamenta:Ahorro de 7608.94
Dispositivos electronicos:Ahorro de 23560.00
Obra civil:Ahorro de 65000.00
```

Figura 8: Ejemplo de la herramienta programada

9. Por último, el programa nos hará dos ficheros llamados “Presupuesto” y “Desglose” el primero tendrá la información que nos ha dado el punto 8 de la guía y el segundo tendrá la información que nos ha dado el punto 7 de la guía.

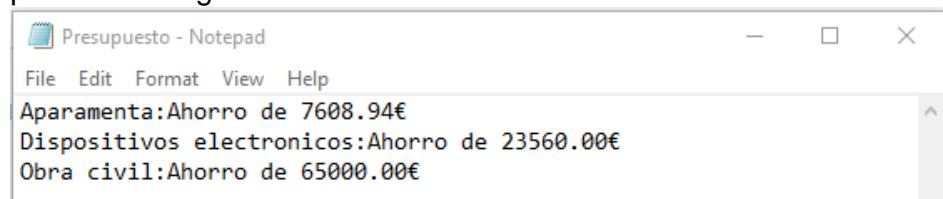


Figura 9: Ejemplo de la herramienta programada


```
Desglose - Notepad
File Edit Format View Help
Desglose completo con todos los costes adicionales/ahorros

Desglose completo con todos los costes adicionales/ahorros de la
apartamental
Numero de seccionadores estimados: 28
Ahorro en los seccionadores: 10444.00
Numero de interruptores estimados: 7
Ahorro en los interruptores: 8505.00
Numero de transformadores de intensidad estimados: 7
Coste adicional de los transformadores de intensidad: 6825.00
Numero de transformadores de tension estimados: 7
Coste adicional de los transformadores de tension: 350.00
Numero de transformadores de capacitivos: 2
Coste adicional de los transformadores capacitivos: 468.00

Desglose de los dispositivos electronicos y y el ahorro/coste
adicional de cada uno
Numero de mini ULCs que ya no se utilizan: 7
Ahorro en los mini ULCs: 105000.00
Numero de switches que habria que incorporar: 9
Coste adicional que supondran los switches: 36000.00
Numero de IEDs que habria que incorporar: 10
Coste adicional que supondran los IED: 50440.00
Ahorro en el cambio de CCSs: 5000
```

Figura 10: Ejemplo de la herramienta programada

De los blocs de notas se podrá manejar la información como más guste el usuario.