



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

GENERADORES ELÉCTRICOS EN OPERACIONES MILITARES

Autor

Antonio Fraile Ferreiro

Directores

Joaquín Mur Amada

Francisco Javier San Martín Sánchez

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

Año 2014

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer la realización del trabajo fin de grado en primer lugar al Regimiento de Especialidades de Ingenieros nº 11 y a todos sus componentes. Especialmente al tutor militar, Capitán Francisco Javier San Martín Sánchez y al jefe de la sección de construcción, el teniente López Valle. De igual modo el tutor Civil Dr. Joaquín Mur Amada ha sido fundamental dado que sin su ayuda no habría sido posible la realización de este trabajo y a Jorge Pastor que con su experiencia me facilitó bastante el trabajo. Quiero agradecer también a todos los componentes de la LXX promoción y a todos los que aunque pertenezcan a promociones posteriores, siguen en alma con la LXX, juntos lo conseguiremos. Por último agradecer a ti, que sin tu portátil no lo podría haber acabado. Gracias a todos.

RESUMEN

Desde que las Fuerzas Armadas cuentan con medios tecnológicos, es necesario alimentarlos de forma independiente de la red eléctrica general. El abastecimiento de electricidad en misiones fuera del territorio nacional se realiza mediante grupos electrógenos. El clima desértico en el que se desarrollan las nuevas misiones y los campamentos de refugiados suponen unas condiciones especiales de uso, generalmente más críticas y exigentes que para las que fueron diseñados los grupos electrógenos, por lo que habrá que incluir nuevos sistemas como son los SAI's y otros para evitar los problemas acarreados por estas condiciones.

Además, la logística del suministro de combustible del campamento y su financiación dificulta la gestión del campamento. El uso de energías renovables y el aumento de la eficiencia de las redes eléctricas mediante el uso de nuevos sistemas electrónicos permitirían disminuir la dependencia de los combustibles y el impacto económico del suministro energético en el campamento.

A través de este proyecto se establecerán las mejoras posibles de los grupos electrógenos para su adaptación a entornos desérticos, así como los medios eléctricos y electrónicos necesarios para el establecimiento de un campamento de refugiados, tomando como referencia el campamento de refugiados saharauis de Dajla y adaptado a 5000 personas. Además todo ello se realizará de un modo lo más eficiente posible y procurando una menor dependencia de combustibles fósiles.

Índice

MEMORIA

1. Introducción	5
1.1. Objetivos y alcance del proyecto	5
1.2. Ámbito de aplicación	5
2. Desarrollo	5
2.1. Consideraciones previas	5
2.2. Especificaciones del Cliente.....	6
2.3. Estudio del Estado del Arte	8
2.4. Estudio DAFO	9
2.5. Project Chárter	10
2.6. EDT	10
3. Análisis técnico del proyecto	10
3.1. Características Técnicas de Generadores Eléctricos.....	10
3.2. Diseño del esquema eléctrico del campamento de refugiados	13
4. Planificación	14
4.1. Planificación de recursos y organigrama del proyecto.....	14
5. Análisis de costes	16
5.1. Costes del proyecto	16
6. Análisis de riesgos	16
7. Conclusiones	17
8. Bibliografía	19
9. Lista de tablas	20
10. Lista de Ilustraciones	20
11. Anexos	21

1. Introducción

La siguiente memoria presenta los resultados del Trabajo Fin de Grado del grado de Ingeniería de Organización Industrial impartido por el Centro Universitario de la Defensa en la Academia General Militar (Zaragoza). Su título es "*Generadores eléctricos en operaciones militares*".

1.1. Objetivos y alcance del proyecto

El objetivo del trabajo es el estudio de los generadores eléctricos que posee el ejército español para el abastecimiento de un campamento de refugiados de cinco mil personas en zona desértica.

El alcance incluye la utilización de los generadores de forma óptima, el estudio de posibles mejoras y las limitaciones derivadas de las condiciones climáticas extremas de los campamentos. También se estudiara la logística que implica el transporte de los generadores así como el combustible fósil o energía renovable utilizados. Se han definido los siguientes pasos para la consecución del objetivo, siendo detallados posteriormente en la EDT:

- Estudio de Generadores Eléctricos y componentes
- Estudio de la Logística del transporte de los grupos y su abastecimiento
- Recopilación de problemas habituales experimentados en la unidad
- Simulación para caso de estudio de campo de refugiados (5000 pers)
- Optimización con un programa comercial para sistemas híbridos

1.2. Ámbito de aplicación

Campamento de refugiados de cinco mil personas en zona desértica considerando las instalaciones necesarias, estableciendo el número de generadores y las características de estos, e introduciendo posibles medios de energías alternativas al uso de combustibles fósiles.

2. Desarrollo

2.1. Consideraciones Previas

Los generadores eléctricos son ampliamente utilizados por todos los ejércitos en su abastecimiento de energía eléctrica, originado porque en muchas ocasiones los escenarios no permiten una conexión a la red eléctrica bien porque esta no existe o bien porque está en el bando enemigo. Su uso ha ido en aumento desde que la era tecnológica actual demanda grandes cantidades de energía. En la actualidad los generadores eléctricos se basan en la transformación de energía mecánica procedente de un motor de combustión en energía eléctrica por medio de un alternador. Dependiendo de las características del motor obtendremos mayor o menor energía. Sin

embargo la dificultad del suministro de combustible así como la creciente conciencia social sobre un desarrollo industrial más ecológico y el aumento del precio de los combustibles fósiles asociado a su control exclusivo por ciertos países y agotamiento de reservas está provocando un desarrollo de los medios de energías renovables, como es el caso de células fotovoltaicas acopladas a tiendas de campaña [1] probado por el *US Army*.

Los convenios firmados por los distintos países y las organizaciones internacionales hacen que sean los ejércitos de estos países los que acudan ante distintos conflictos o catástrofes para dar el apoyo necesario. Este es el caso de montaje de un campamento de refugiados, aplicación final de este Trabajo Fin de Grado, regulados por la carta de las naciones unidas [2] y por varias resoluciones de esta organización.

Es necesario tener en cuenta también el transporte de los generadores eléctricos hasta la zona a emplear. Los contenedores de 20 pies regulados según normativa ISO [3] son utilizados frecuentemente porque facilitan tanto su transporte como su uso, disminuyendo considerablemente los costes ,aunque requieren adaptar todos los componentes a un espacio limitado.

Teniendo en cuenta las consideraciones previas, se puede establecer un campamento de refugiados tipo con los grupos electrógenos actuales y con medios que permitan un uso híbrido entre combustibles fósiles y energías renovables.

2.2. Especificaciones del cliente

El cliente final del proyecto es el Regimiento de Especialidades de Ingenieros nº 11 (REI 11), y tras hablar con los responsables de los generadores eléctricos, se extrajeron las siguientes especificaciones que el REI 11 demandaba para la utilización en un campamento de refugiados:

- Reducir el tiempo de 17 segundos sin tensión en el arranque
- Ventilación de los contenedores adaptada a zonas desérticas
- Baterías que no se descarguen sin ser usadas
- Formación de personal sobre el mantenimiento
- Separación óptima entre generadores
- Fácilmente proyectable
- Bajo nivel de ruidos
- Reducción en el gasto de combustible
- Asegurar recambio de proveedores

Relacionando las especificaciones del REI 11 con las capacidades de los grupos electrógenos disponibles se obtiene la Tabla QFD (Despliegue funcional de la calidad) expuesta en la **Tabla 1**, comentada a continuación, y que nos permite ver cuáles son las especificaciones prioritarias a mejorar y el modo de hacerlo.

	Utilizacion SAI (0-1)	Grupos en paralelo (0-1)	Mejora sistema ventilacion (0-1)	temperatura max operacion motor (°C)	Desconector Baterias (0-1)	Formacion de personal(horas)	Contenedor Estandarizado (0-1)	Silenciador (dB)	Horas a plena carga (h)	Gasto combustible (l/h)	Posibilidad de recambio (0-1)	Importancia para el REI 11 (1 a 5)	Generador 600 KVA (1 a 5)	PRIME 480 ekW/ 600 kVA CAT (1 a 5)	objetivo (1 a 5) mucho = es importante	pond relativa (%)	orden de importancia
Reducir el tiempo de encendido	9	9	3	0	3	1	0	0	0	0	0	4	3	5	4	8,9	2
Ventilacion	0	0	9	9	0	0	3	0	3	0	0	5	3	3	5	13,9	2
Desconexion baterias	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	5	1	2	5	41,6	1
Formacion de Personal	0	1	0	0	0	9	0	0	0	0	0	2	3	2	2	2,2	7
Separacion Optima	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4	3	3	3,7	6
Facilmente Proyectable	0	1	0	0	0	0	9	0	0	3	3	4	5	2	4	5,3	5
Bajo nivel ruidos	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	3	4	2	3	3,7	6
Reduccion combustible	0	3	1	1	0	0	3	0	9	9	0	5	3	2	5	13,9	2
Recambios Proveedores	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	9	4	4	4	4	6,7	4
x																	
Orientacion deseada	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↑							
Ponderación abs	86,6	140	165	139	401	28,9	131	40,4	167	141	16						
Ponderación rel	5,9	9,6	11,4	9,5	27,6	2,0	9,0	2,8	11,4	9,7	1,1						
Orden de importancia	7	4	2	5	1	9	6	8	2	3	10						
Valoracion tecnica	si/no	si/no	si/no	°C	si/no	horas	si/no	dB	Horas /h	si/no							
Nuestro producto	0	1	0	45	0	130	1	71	8	113	1						
Competencia PRIME 480 ekW	0	1	0	49	0	100	0	70	7	123	1						
Objetivo tecnico	1	1	1	55	1	120	1	65	9	120	1						

Tabla 1 Tabla QFD que recoge los requisitos del cliente

Los valores técnicos han sido obtenidos del manual del ejército de tierra del generador eléctrico de 600 kVA [4] y del manual de una empresa líder en el sector con un generador de similares características [5].

Se extrae de la tabla que la característica más importante analizando las características del generador actual y las características de otros posibles grupos es que posea un interruptor de desconexión de la batería. Este sencillo mecanismo permite que las baterías no se descarguen mientras no se estén usando. Es también importante que los generadores eléctricos sean capaces de aguantar hasta 9 horas a plena carga y que permitan una conexión en paralelo (en el actual grupo de 230 kVA que posee el ejército no existe esta posibilidad, pero en el de 600 kVA en modo ISLA nos permite conectar hasta 8 grupos). También se deduce de la tabla que el gasto en combustible del grupo es adecuado con respecto al modelo PRIME 600 kVA de CAT [4], teniendo en cuenta que la carga de los dos es la misma. Es necesaria una mejora en el sistema de ventilación así como aumentar la temperatura máxima de trabajo del motor y la utilización de Sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI) para cargas críticas. No han de tenerse en cuenta la posibilidad de recambio ni contenedores estandarizados porque son características que ya poseen actualmente los generadores eléctricos. Se descarta también la disminución del ruido porque actualmente se mantiene en unos niveles aceptables y las mejoras posibles no son significativas.

Por último, la formación del personal es adecuada puesto que se imparten cursos específicos sobre la utilización de los generadores además de los conocimientos generales adquiridos durante el periodo de la enseñanza militar.

2.3. Estudio del estado del arte

En la **Tabla 2** se comparan las principales características del grupo electrógeno de 600 KVA's [3] con las características de modelos similares de empresas líderes en el mercado [4] [5]. En grupos electrógenos, la industria civil dispone de una mayor información técnica, es por esto que la comparación se realiza con medios civiles.

	Potencia	Motor	Consumo	Contenedor	Autonomía	SAI	Ruido
600 kVA (ET)	575 kVA	18,27l	113 l/h	20 pies	8h	No	72 dB
PRIME 600kVA CAT	600 kVA	18,13l	122,8l/h	3,93mx1,53m x2,16m	7h	No	70 dB
NHC 800	800 kVA	-	166 l/h	20 pies	8,6h	No	69 dB

Tabla 2 Comparativa de distintos modelos de generadores eléctricos

Analizando los datos, en cuanto a la potencia se observa que todas las empresas poseen grupos electrógenos de potencias similares, puesto que la relación de carga-consumo es adecuada a las necesidades actuales. El consumo es semejante teniendo en cuenta la diferencia de potencia de los grupos tabulados. Además existe una tendencia a la estandarización en contenedores de 20 pies que permite una rápida proyección estratégica. Sin embargo el modelo de 600 kVA del Ejército obtiene cierta ventaja respecto a la autonomía que proporciona frente a medios de similares características.

Por otro lado aunque todos poseen una electrónica muy avanzada, ninguno dispone de un SAI incorporado que nos permita continuar suministrando energía a cargas críticas como puedan ser quirófanos o centros de transmisiones dentro del campamento de refugiados. Por tanto sería importante contemplar la opción de añadir SAI's, más barata que mantener varios grupos siempre encendidos en modo vigilante de tensión, teniendo además un retraso de 17 segundos desde que se detecta la caída de tensión hasta que el grupo nos proporciona la tensión.

Aunque el nivel de ruido es importante, son márgenes muy pequeños y como se introdujo en las especificaciones del cliente en la **tabla 1**, no se buscara una disminución de este nivel de ruido.

Por último hay que destacar el creciente uso de medios de energías renovables, siendo la solar fotovoltaica la más utilizada debido a su fácil instalación y sustitución, así como el bajo mantenimiento que requiere. Ejércitos como el de Estados Unidos están comenzando a realizar pruebas con este tipo de energías para intentar disminuir el gasto en combustible e intentar ser más autónomos en las proyecciones estratégicas en el exterior. Sin embargo, debido a las complejas infraestructuras que conllevan y el poco rendimiento que tienen, todavía no se utilizan como tal en operaciones militares y su uso queda reservado a territorio nacional como prueba mientras la tecnología avanza y se consigue aumentar su rendimiento a la vez que se disminuye su tamaño. Es el caso del ejército de Estados Unidos que realiza pruebas acoplado en tiendas de campaña células fotovoltaicas flexibles [1] como se especificó anteriormente y que se observa en la **Ilustración 1**:



Ilustración 1 Tiendas de campaña con células fotovoltaicas

2.4. Estudio DAFO

Realizando el estudio de mercado obtenemos la siguiente Tabla:

Debilidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> • Presupuesto limitado • Dependencia de combustibles fósiles • Demoras en el mantenimiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Uso de los generadores eléctricos muy por debajo del óptimo • Elevado consumo de generadores • Mantenimiento de primer escalón muy reducido • Complejidad de los sistemas automáticos de los grupos electrógenos
Fortalezas	Oportunidades
<ul style="list-style-type: none"> • Empleo de contenedores estandarizados • Buena autonomía de generadores de 600 kVA • Formación del personal adecuada • Experiencia en proyección estratégica de generadores eléctricos 	<ul style="list-style-type: none"> • Auge de medios de energías renovables • Utilización de SAI integrados en los generadores eléctricos • Fácil implementación de interruptores de desconexión de la batería

Tabla 3 Estudio DAFO

2.5. Project Charter

Ver anexo A.

2.6. EDT

Ver anexo B.

3. Análisis técnico del proyecto

Dentro del análisis técnico quedan recogidos tanto lo relativo a los generadores eléctricos en cuanto a sus componentes y posibles mejoras, como el análisis de un campamento de refugiados de cinco mil personas simulado con datos de demanda energética obtenidos del campamento de refugiados saharauis de Dajla, y más concretamente del proyecto “*Sol de Dajla*” [6].

3.1. Características técnicas de generadores eléctricos

Actualmente el ejército español cuenta con dos grupos electrógenos, de 230 y 600 kVA, pero nos centraremos en el grupo electrógeno de 600 kVA sincronizado puesto que este grupo permite conexión en paralelo y nos permite el empleo de un número menor de grupos electrógenos en el establecimiento del campamento de refugiados, con el menor coste en la proyección estratégica que esto conlleva.

Analizando el grupo electrógeno de 600 kVA obtenemos del manual de operación y mantenimiento [3] que está formado por las siguientes partes:

- Motor diesel MAN 18270 cm³
- Alternador trifásico
- Cuadro automático de control y conmutación
- Cuadro de Potencia
- Contenedor aerotransportable de 20'1C
- Bancada
- Sistema silencioso
- 2 Baterías de 12 v
- Depósito de combustible de 900 l

En lo que afecta al establecimiento de un campamento de refugiados es necesario detallar los modos de operación del cuadro de control, *emergencia e isla*. El modo emergencia solo es aplicable por grupo de forma independiente y por lo tanto no es de utilidad porque no permite conectar varios grupos en emergencia y paralelo a la vez. El modo Isla permite conectar hasta 8 grupos en paralelo teniendo en cuenta que hay que utilizar un interruptor de potencia externo capaz de canalizar la potencia total a los consumidores que haya conectados en ese momento. Una vez conectados los grupos y pasados dos minutos de temporización se mantendrán conectados los grupos necesarios

para la carga que esté conectada en ese momento y según las prioridades establecidas en el cuadro de control. Esto nos proporcionaría una potencia máxima de 3960 kW considerando un factor de potencia de 0,8 establecido por el fabricante, con un sistema formado por 8 grupos electrógenos.

Otra característica importante del grupo electrógeno de 600 kVA es la aplicación del vigilante de tensión. Esto permite mediante una conexión en paralelo de dos grupos, que en el caso de que uno deje de funcionar, el otro nota la caída de tensión del director y comienza su arranque con un retraso de 17 segundos. Si la carga alimentada es del orden de 495 kW y no importa que las cargas dejen de tener tensión este funcionamiento es adecuado.

Sin embargo hay cargas críticas como centros de transmisiones y centros de sanidad que no pueden ser suspendidas y que necesitan un flujo de corriente continuo, y el retraso producido con el vigilante de tensión no es adecuado. Es por esto que la mejor solución es la introducción dentro del grupo electrógeno de **uno o varios SAI's** en función de las necesidades de las cargas críticas. Son dispositivos de tamaño reducido y que permiten potencias de hasta 500 kVA, suficiente para abastecer centros de transmisiones o quirófanos durante un tiempo limitado mientras se solventan los posibles problemas de los grupos electrógenos. La potencia elegida para los SAI's del caso en estudio es de 200kVA que se obtiene considerando la utilización de sistemas para la desconexión de cargas prescindibles, explicados posteriormente, y que nos permiten que sigan conectadas únicamente las cargas críticas. Esta potencia es un tercio de la potencia total de los grupos electrógenos utilizados. En la siguiente **Tabla 4** se exponen varios modelos y las características principales, obtenidas de los correspondientes manuales [7][8][9]:

	Potencia	Ruido (dB)	Alto/ancho/largo (mm)	Peso (Kg)	Tensión de salida (V)	Temperatura de funcionamiento (°C)	Autonomía (minutos)
G55TH150HN Schneider- electric	200 kVA	-	1000/800/333	3700	380 a 415	0-40	15
SLC 200- CUBE 3+	200 kVA	52	SAI: 1900/900/850 BAT: 1900/1300/850	2240	380 a 415	0-40	11,36
Eaton 9315 UPS 200/250	200 kVA	65	-/1651/-	1895	420	0-40	15

Tabla 4 Diversos modelos de SAI's

Debido a que los SAI's están formados por varios módulos con distintos pesos como son el inversor, baterías y elementos adicionales, y la mayoría de los fabricantes no los incluyen como un único modulo para la potencia de 200 kVA considerada, el cálculo del peso global en el modelo de Schneider-electric se ha realizado por una extrapolación con SAI's de potencias más pequeñas que si son considerados unimodularmente.

En el caso del modelo G55TH150HN de Schneider-electric [7] se han tomado como referencia los modelos MGE Galaxy 5500 40KVA 400V Single UPS 15 Minutes, Start-up 5x8 [10] y MGE Galaxy

5500 30KVA 400V Single UPS 15 Minutes, Start-up 5x8 [11] con pesos de 1045 kg y 888 kg respectivamente. De la ecuación de la recta con dos puntos, se obtiene que el tercer punto correspondiente a la potencia de 200 kVA debería tener un peso aproximado de 3714 kg con una autonomía de 15 minutos.

El modelo SLC 200-CUBE 3+ de Salicru [8] tiene un peso de 2240 kg facilitado por el fabricante [8], mas de una tonelada menos que el peso estimado para el modelo de Schneider-electric debido al uso de tecnología sin transformador y baterías de Pb-Ca. Presenta 31 baterías con una tensión de 13,65 V y una capacidad de 80 Ah, y considerando que las baterías se descargan solo un 70 % por protección de estas obtenemos un tiempo de 14,2 minutos aportando 200 kVA. Este tiempo se ve reducido a 11,36 minutos teniendo en cuenta un rendimiento global del 80 por ciento.

El modelo Eaton 9315 UPS 200/250 presenta un peso de 1895 kg y una autonomía de 15 minutos eligiendo baterías del tipo J37 - UPS12-370 , con los datos facilitados por el fabricante [9]

De los modelos representados el **SLC 200-CUBE 3+ de Salicru** [8] sería un modelo idóneo puesto que es un fabricante español puntero en esta tecnología y ofrece una solución completa y compacta. El peso que presenta no presenta una pérdida en la capacidad aerotransportable del grupo electrógeno y además la potencia es suficiente para abastecer las cargas que se explicaran en la **Tabla 5**. Actualmente es posible el uso de células solares fotovoltaicas para cargar las baterías de un SAI de 1,8 kW [13], energía mucho menor que la aportada por el modelo SLC 200-CUBE 3+ de Salicru [8] pero que sin embargo implicaría que sería independiente del grupo electrógeno.

Otro sistema a implementar extraído de los requisitos del REI 11 y que ya se indicó en **Tabla 1** es un **interruptor de desconexión de baterías**. Un problema que presentan los grupos de 600 kVA es que pueden estar un largo tiempo sin ser usados, y debido a esto y a la instalación de las baterías dentro del contenedor estas se descargan. Con un mecanismo muy simple que permita desconectar las dos baterías de la instalación eléctrica del generador (circuito abierto) evitamos que se descarguen y problemas posteriores en el arranque del grupo electrógeno.

A la hora de establecer una prioridad de que cargas son prescindibles, están muy desarrollados los **sistemas para la desconexión de cargas prescindibles**. Son relés de tensión, intensidad y fase [12] en los que se introduce un valor máximo y un valor mínimo, fuera de los cuales el relé se desactiva un tiempo preestablecido hasta que el valor de intensidad vuelve a estar entre los márgenes. Durante el tiempo que los valores no están entre los márgenes todas las cargas que estén conectadas al relé quedan desconectadas. Por lo tanto, las cargas prescindibles del campamento de refugiados se suministrarán a través de un relé que las desconectará cuando el sistema eléctrico estuviera saturado.

Hay tres aspectos fundamentales que implican reducir el consumo de energía en los ejércitos. Estos tres aspectos quedan recogidos en el sistema de observación y prospectiva tecnológica (SOPT) [14] y son la efectividad de la misión, el coste operativo y la reducción de emisiones. Es por ello necesario el uso de tecnologías que supongan una mejora de la eficiencia energética, y en este sentido los sistemas explicados anteriormente como son el uso de la energía solar fotovoltaica aplicada a los grupos electrógenos de 600 kVA así como sistemas para una gestión más inteligente de la energía provocan una mejora de la eficiencia energética.

3.2. Diseño del esquema eléctrico del campamento de refugiados

En primer lugar es necesario conocer cuáles son las instalaciones con las que cuenta un campamento de refugiados y las potencias demandadas por cada una de ellas. Para la estimación de las instalaciones y las cargas presentes se ha tenido en cuenta el proyecto “Sol de Dajla” [6] aplicado a un campamento de refugiados saharauis en Dajla, situado al noroeste del continente africano, con una población de 85000 personas y clima desértico. En el caso de estudio se ha particularizado para una población de 5000 personas y las instalaciones con las que cuenta son las siguientes:

- 1000 Domicilios familiares (5 personas de media)
- 5 Pozos de agua
- 1 Hospital (tratamiento especial)
- 1 Escuela
- 2 Hornos/Molinos
- 1 Centro de mujeres
- 1 Centro de ancianos
- 1 Centro de oficinas

En el **Anexo C** quedan desglosados los aparatos eléctricos que poseen cada instalación y el consumo de cada uno de ellos. La instalación hospitalaria tiene un régimen especial y cuenta con sus propios grupos electrógenos, por lo tanto será tratada al margen. Como resultado del Anexo C se obtiene la siguiente tabla de consumos totales [15] una vez aplicados los coeficientes de simultaneidad del reglamento electrotécnico para baja tensión [16], puesto que no todas las cargas son usadas simultáneamente:

En el caso de la carga correspondiente a un conjunto de viviendas, el coeficiente de simultaneidad se calcula de la siguiente ecuación: $15,3+(n-21)*0,5$ siendo n el número de viviendas

La carga correspondiente a servicios generales (pozo de agua) es la correspondiente al número de instalaciones puesto que el factor de simultaneidad es 1

La carga correspondiente a locales comerciales y oficinas es la mayor entre la previsión real y la previsión con 100 W/m^2

La previsión de cargas obtenida es bastante conservadora dadas las condiciones de un campamento de refugiados tipo, y corresponde a un pico de consumo que muy pocas veces se alcanzará.

Instalaciones	Potencia consumida por unidad	Coefficiente de simultaneidad	Consumo total
1000 Domicilios Familiares	4,24 kW	504,8	2142,37 kW
5 Pozos de agua	4,47 kW	5 (factor 1)	22,35 kW
1 Hospital	17,17 kW	-	-
1 Escuela	10,48 kW	1	10,48 kW
2 Hornos/Molinos	62,26 kW	2 (factor 1)	124,52 kW
1 Centro de mujeres 70m ²	7,84 kW	7,84 kW > 7 kW	7,84 kW
1 Centro de ancianos 70m ²	170 W	170 W < 7 kW	7 kW
1 Centro de oficinas 50m ²	11,05 kW	11,05 kW > 5 kW	11,05 kW
Total			2325,61 kW

Tabla 5 Potencias consumidas por las distintas instalaciones del campamento de refugiados

Por lo tanto, considerando un factor de potencia de 0,8 y un rendimiento de los grupos electrógenos que se reduce 1 por ciento cada 100 metros de altura y 2 por ciento cada 5°C por encima de 20 °C (es decir se reduce un 4 por ciento debido a la temperatura media de 30 °C y un 6 por ciento debido a la altura media de 600 m, en total un 10 por ciento) cada grupo es capaz de aportar 445 kW. Dividiendo la carga total entre la potencia que da cada grupo electrógeno obtenemos que con 6 grupos electrógenos el abastecimiento eléctrico del campamento de refugiados estaría satisfecho. El modo de utilización sería en dos bloques de 3 grupos electrógeno para permitir operar en modo Isla que hace que los 3 grupos electrógenos actúen en paralelo, apagándolos o encendiéndolos en función de la carga total. Sería necesario proyectar un 50 por ciento más de grupos electrógenos, es decir, tres grupos más, para sustitución en el caso de posibles averías. **Por lo tanto el número de grupos electrógenos necesarios serían 9.**

Además como se contemplo anteriormente, se incluirían el mismo número de SAI's del modelo SLC 200-CUBE 3+ de Salicru que grupos electrógenos, estando cada uno asociado a un grupo electrógeno para posibles averías proporcionando un tiempo de respuesta de 11,36 minutos y una potencia de 200 kVA. Los SAI's únicamente irían conectados a las cargas que se consideren prescindibles y no a todo el sistema, puesto que su potencia no alcanza para dar energía a todo el sistema.

4. Planificación

4.1. Planificación de recursos y organigrama del proyecto

El proyecto de generadores eléctricos en operaciones militares tiene una duración estimada de **44 semanas** repartidas entre el total de tareas representadas en la EDT, formando el camino crítico las siguientes actividades colocadas en orden temporal:

- 1- Obtención y estudio de manuales de grupos electrógenos
- 2- Elaboración de lista de componentes; Comparación de generadores eléctricos con los actuales del mercado
- 3- Búsqueda de modularización de los distintos generadores
- 4- Selección de la cilindrada del motor en función de la demanda energética
- 5- Búsqueda de proveedores del motor
- 6- Medios de almacenamiento de energías
- 7- Estudio e implementación de Sistema de alimentación ininterrumpida (SAI); Estudio e implementación de reguladores de carga; Estudio e implementación de Sistemas para la desconexión de cargas prescindibles
- 8- Enlace entre grupos electrógenos
- 9- Transporte de grupos electrógenos; Transporte de medios de energías renovables
- 10- Estudio de los distintos medios de transporte
- 11- Optimización de itinerarios en la proyección estratégica

- 12- Selección de depósito de combustible interno; Selección de depósito de combustible externo
- 13- Obtención de proveedores de combustible en zona de operaciones
- 14- Problemas en el motor; Problemas en el cuadro automático de control y conmutación; Problemas en el cuadro de potencia; Problemas en el sistema de ventilación; Problemas en el combustible y su almacenaje; Problemas en el enlace entre grupos
- 15- Medidas para la detección de problemas
- 16- Mantenimiento en tercer y cuarto escalón
- 17- Recogida de condiciones mínimas de vida en campos de refugiados
- 18- Cálculo de demanda energética unifamiliar
- 19- Cálculo de demanda energética total
- 20- Selección del emplazamiento; Cálculo del número de grupos electrógenos en función de la demanda total
- 21- Separación entre grupos electrógenos y utilización simultanea
- 22- Calculo de la sección de cable entre grupos
- 23- Estudio de condiciones especiales de sistemas híbridos
- 24- Utilización de redes inteligentes; Cálculo con grupos electrógenos híbridos
- 25- Diferencias en el coste con sistemas convencionales
- 26- Ahorro energético producido con sistemas híbridos
- 27- Balance global y viabilidad a corto y largo plazo

Cualquier modificación de estas actividades provocara un retraso o adelanto en el tiempo estimado para el proyecto, y en especial las actividades relativas a la elección del SAI e implementación de reguladores de carga y sistemas para la desconexión de cargas prescindibles puesto que el correcto dimensionamiento y elección influirán en la instalación final. También son importantes las actividades orientadas a solventar los problemas y el cálculo de la demanda energética del que dependerá el funcionamiento óptimo del campamento de refugiados. Por lo tanto las tareas 7,14,18 y 19 serán las que mayor control habrán de tener para evitar retrasos en el tiempo total, pudiendo adelantar la duración del proyecto con pequeñas modificaciones de estas tareas.

Las actividades que no están englobadas dentro del camino crítico tienen cierto margen temporal que permite centrar esfuerzos en el resto de actividades una vez realizadas e incluso tener alguna demora.

5. Análisis de costes

5.1. Costes del proyecto

Debido a la dificultad en el establecimiento de los costes del proyecto, los vamos a dividir en los siguientes grupos:

- Coste de combustible diario
- Coste de equipos complementarios
- Coste de proyección estratégica

El coste de combustible diario es el debido al mantenimiento en operación de los 6 grupos electrógenos necesarios para establecer la red eléctrica del campamento. El consumo de los grupos electrógenos de 600 kVA del ET es de de 113 l/h. Dado que no siempre van a estar funcionando a plena carga, el consumo estipulado en la **tabla 5** solo se dará unas pocas horas al día. Por tanto, asumiendo 4 h/día de consumo punta, 8 h/día al 50 por ciento y 12 h/día al 20 por ciento, obtenemos un **consumo de combustible de 7051,2 litros** Como por norma general es más económico el abastecimiento en la zona de operaciones que un transporte desde territorio nacional, se utilizaran los precios de la región del Argelia, zona en la que se encuentra el campamento de refugiados utilizado a modo de ejemplo. El precio es de 0,25 euros aproximadamente [17], por tanto el **consumo diario de combustible total es de 1762,8 euros diarios**.

Los equipos complementarios incluidos son los 9 modelos SLC 200-CUBE 3+ de Salicru, los interruptores de desconexión de baterías y los sistemas para la desconexión de cargas prescindibles. Debido a que son costes que incluyen no solo la compra del material, sino también la instalación y la adaptación de los contenedores estandarizados en algunos casos, no son contemplados en este estudio. Sin embargo el **precio por unidad de SAI ronda los 20000 euros**.

6. Análisis de riesgos

Una vez obtenidos la suma de riesgos reflejados en el **Anexo D**, los que mayor peligro entrañan tanto por probabilidad de ocurrencia como por impacto son los siguientes:

1. Que los generadores eléctricos del ET estén obsoletos
2. Gasto excesivo en combustible del motor
3. Sección de cable entre grupos excesiva
4. Que los medios de energías renovables no nos proporcionen el suministro suficiente
5. Molinos de viento visibles desde mucha distancia
6. Dificil emplazamiento de células fotovoltaicas
7. Fallo en la selección del medio de energía renovable idóneo
8. Selección de itinerario erróneo en la proyección estratégica
9. Mayor coste de combustible en zona de operaciones que en territorio nacional
10. Presencia de partículas de arena en el aire
11. Temperatura elevada dentro del contenedor
12. Temperatura baja dentro del contenedor
13. Tiempo sin tensión en el grupo electrógeno excesivo
14. Descarga de las baterías por contacto
15. Fallo en los inyectores por uso de combustible de mala calidad

16. Mala selección del emplazamiento del campo de refugiados

Algunos de estos riesgos ya se han tratado de solventar anteriormente como son “Tiempo sin tensión en el grupo electrógeno excesivo” por medio de la utilización de SAI’s y “Descarga de las baterías por contacto” con la utilización de un interruptor de desconexión de baterías. Sin embargo las medidas propuestas para disminuir la probabilidad de ocurrencia del resto de riesgos expuestos anteriormente son las siguientes:

1. Adquisición de nuevos generadores eléctricos o adaptación de los actuales
2. Utilización de medios híbridos de combustibles fósiles y energías renovables, utilización de motores más eficientes
3. Optimizar la distancia entre grupos
4. Utilización de medios más eficientes o mayor numero de ellos, además de la utilización de combustibles fósiles
5. Reducción del tamaño a cambio de una menor eficiencia energética, o bien uso de pinturas mimetizadas
6. Utilización de células fotovoltaicas integradas en los techos de tiendas de campaña
7. Utilización de combustibles fósiles
8. Utilización de software para optimizar el itinerario
9. Transporte del combustible desde territorio nacional
10. Contenedores bien sellados y filtros de aire en módulos del generador
11. Utilización de medios híbridos de combustibles fósiles y energías renovables, así como utilización de motores más eficientes
12. Mejora de sistema de ventilación
15. Mejora de sistema de ventilación
16. Decantación del combustible en tanques y utilización de filtros para limpieza del combustible
17. Estudio previo del terreno así como de la localización geográfica

7. Conclusiones

Una vez realizado el proyecto se pueden sacar varias conclusiones, entre las cuales destacan las siguientes:

Se ha comparado el grupo electrógeno de 600 kVA del ejército de tierra con otros grupos de tecnología civil y se ha concluido que el modelo militar tiene una potencia y prestaciones adecuadas a la aplicación objeto de este trabajo. Únicamente sería necesaria una adaptación del grupo militar con diversos sistemas para su mejora y adaptación a las especificaciones que solicita el REI 11.

A partir de las especificaciones del REI 11 se observaron que las prioridades eran que los grupos no perdieran la carga de las baterías sin ser usadas, un menor gasto en combustible, mayor autonomía, posibilidad de utilización de los grupos en paralelo y una disminución del tiempo sin suministro en caso de caída del grupo. Esto se consigue con la utilización de interruptores de desconexión de baterías, utilización de medios de energías renovables como son células fotovoltaicas integradas en tiendas de campaña y la utilización de Sistemas de Alimentación Ininterrumpida. Se ha llegado a la conclusión de que el mejor modelo es el SLC 200-CUBE 3+ de Salicru puesto que es un fabricante español con reputada experiencia y el SAI nos proporciona una carga de 200 kVA durante algo más de 11 minutos, tiempo más que suficiente. Además se considera importante la utilización de

sistemas para la desconexión de cargas prescindibles, que permiten que el sistema no caiga en caso de exceso de demanda o problemas derivados de ello.

Utilizando como base el campamento de refugiados saharauis en Dajla, se obtiene un campamento de refugiados tipo para 5000 personas, estableciendo las instalaciones y la carga asociada, teniendo en cuenta que no todas las cargas se conectan a la vez utilizando el coeficiente de simultaneidad obtenido del reglamento electrotécnico de baja tensión. Con ello se llega a la conclusión de que con 6 grupos electrógenos más 3 de reserva es posible el abastecimiento energético, incluyendo además los sistemas mencionados anteriormente para la mejora de la red eléctrica y de los generadores.

El coste diario en combustible considerando el abastecimiento en la zona sería de 1762,8 euros, sin tener en cuenta el coste de la proyección de los grupos electrógenos ni el coste de las mejoras propuestas.

Por último la duración del proyecto sería de unas 44 semanas con las actividades que quedan recogidas en el apartado de planificación.

8. Bibliografía

Textos, Artículos Científicos y páginas web

- [1] OSBORN, Kris, *Army evaluating transportable solar-powered tents*, 2010, disponible en: <http://www.army.mil/article/49138/army-evaluating-transportable-solar-powered-tents/> [Consulta: miércoles, 14 de mayo de 2014] página oficial del ejército de Estados Unidos.
- [2] Naciones Unidas, *Carta de las Naciones Unidas*, 24 de octubre de 1945, 1 UNTS XVI, disponible en: <http://www.unwebsite.com/charter> [Consulta: viernes 16 de Mayo de 2014]
- [3] CYMASA, *Manual de operación y mantenimiento de 1er y 2º escalón del grupo electrógeno de 600 KVA's sincronizado sobre contenedor ISO 20'*, 2007
- [4] CAT, *Diesel generator set PRIME 480 ekW 600 kVA*, disponible en: http://espana.cat.com/cda/files/1695965/534/C18600kVAPrimeLowBSFC_EMCP4.pdf [consulta: jueves 24 de julio de 2014]
- [5] AGREKKO, *Soluciones de suministro de energía temporal*, disponible en: <http://www.aggreko.es/pdf/energa.pdf> [consulta: viernes, 25 de julio de 2014]
- [6] Pastor, J.J., Artigas, J.I., Armillas, I., García, J., García, D., Villén, D., Lóbez, E. (8-10 de julio de 2009). SOL DE DAJLA: "DESARROLLO DE LA ENERGÍA SOLAR EN LOS CAMPAMENTOS DE REFUGIADOS DEL SAHARA OCCIDENTAL". En *XIII congreso internación de ingeniería de proyectos*. Badajoz
- [7] SCHNEIDER-ELECTRIC, *Centro de datos e instalaciones trifásicas MGE Galaxy 5500*, disponible en: <http://www.schneider-electric.com/products/es/es/8000-sistema-de-alimentacion-ininterrumpida-sai/8030-centro-de-datos-e-instalaciones-trifasicas/62086-mge-galaxy-5500/> [consulta: sábado 9 de agosto de 2014]
- [8] SALICRU, *SLC CUBE 3+ sistema de alimentación ininterrumpida de 7,5 a 200 kVA*, disponible en: <http://catalogo.salicru.com/es-professional/sais/slc-cube3> [consulta: sábado 9 de agosto de 2014]
- [9] EATON, *Eaton 9315 UPS 200 to 300 kVA Technical Specs*, disponible en: <https://powerquality.eaton.com/products-services/backup-power-ups/9315-ups/9315-200to300-specs.asp?cx=5> [Consulta: Lunes 8 de septiembre de 2014]
- [10] APC, *MGE Galaxy 5500 40KVA 400V Single UPS 15 Minutes, Start-up 5x8* disponible en: http://www.apc.com/products/resource/include/techspec_index.cfm?base_sku=G55TUPSU40HB15S [consulta: lunes 8 de septiembre de 2014]
- [11] APC, *MGE Galaxy 5500 30KVA 400V Single UPS 15 Minutes, Start-up 5x8* disponible en: http://www.apc.com/products/resource/include/techspec_index.cfm?base_sku=G55TUPS U30HB15S [consulta: lunes 8 de septiembre de 2014]
- [12] DISIBEINT, *relé para el control de la intensidad de propósito general*, disponible en: <http://www.disibeint.com/web2010/productes/productes.php?mode=inici&titol=RelesControllIntensidad&desti=conjunts> [consulta: Domingo 10 de agosto de 2014]
- [13] XANTREX, *a clean, green, backup power solution- Powerhub backup power system*, Disponible en: <http://www.xantrex.com/>

[14] SOPT, *Sistemas de generación de energía y eficiencia energética en operaciones internacionales*, disponible en: <http://www.mde.es/areasTematicas/investigacionDesarrollo/sistemas/> [consulta: Lunes 11 de agosto de 2014]

[15] Datos de consumo eléctrico,(2014,12 de julio) , recuperado de <http://www.electrocalculator.com/>

[16] Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión- Instrucción Técnica 10, FACTOR DE SIMULTANEIDAD DE LAS CARGAS, Disponible en: http://www.f2i2.net/legislacionseguridadindustrial/rebt_itcs.aspx

[17] El Banco Mundial, *Precio del combustible para el usuario*, Disponible en: <http://datos.bancomundial.org/indicador/EP.PMP.SGAS.CD> [Consulta: miércoles 17 de septiembre de 2014]

9. Lista de tablas


Tabla 6	Tabla QFD que recoge los requisitos del cliente	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 7	Comparativa de distintos modelos de generadores eléctricos	7
Tabla 8	Estudio DAFO.....	8
Tabla 9	Diversos modelos de SAI's.....	10
Tabla 10	Potencias consumidas por las distintas instalaciones del campamento de refugiados ...	12

10. Lista de Ilustraciones

Ilustración 1	Tiendas de campaña con células fotovoltaicas	¡Error! Marcador no definido.
---------------	--	-------------------------------

11. Anexos

11.1. Anexo A: Project Charter

PROJECT CHARTER		TRABAJO FIN DE GRADO 2013-2014	
 <p>Centro Universitario de la Defensa Zaragoza</p>		Fecha: 07/04/2014	
Título: Generadores Eléctricos en Operaciones Militares		Localización: REI 11 (Salamanca)	
Project Leader: Antonio Fraile Ferreiro			
Recursos: Sección de Instalaciones 2ª Cia. Castrametación REI 11 con grupos electrogenos de 230 KVA y 600 KVA, 2ª Escalón REI 11 encargado del mantenimiento del segundo escalón de los grupos.			
Equipo de proyecto: Antonio Fraile Ferreiro (Director de proyecto), Francisco Javier San Martín Sánchez (Capitán Tutor Militar), Joaquín Mur Amada (Doctor Tutor Civil).			
Stakeholders: Director de proyecto; Cliente (Ejército de Tierra); Usuarios (REI 11, unidades del ET); Equipo de proyecto (Director de Proyecto, Sección de Instalaciones); Patrocinado (Academia General Militar); Jefes Funcionales (Tutor Militar REI 11, Tutor Civil AGM); Proveedores; Administración y Organizaciones.			
Descripción general del proyecto:			
<p>En este proyecto se pretende diversificar el empleo de los generadores eléctricos existentes en el ET para la creación de un campamento de 5000 refugiados en zona desértica estable en el tiempo. Permitiendo que se solapen varios grupos electrogenos, disminuyendo el tiempo de caída de tensión durante el arranque, evitando que se descarguen las baterías de arranque, aumentando la ventilación y refrigeración necesaria para su adaptación a zonas desérticas.</p>			
Business case:			
<p>Debido a las nuevas demandas energéticas en zona de operaciones, es necesario el establecimiento de redes eléctricas capaces de soportar condiciones adversas manteniendo un suministro constante de energía. Debido al coste de los medios tecnológicos utilizados y la seguridad de la información, una pequeña inversión en la demanda energética nos permite mantener sin interrupciones y por mas tiempo una ventaja estratégica. Aunque el funcionamiento es correcto, los generadores actuales están obsoletos comparados con el mercado actual, por lo que estamos mal posicionados estratégicamente.</p>			
Objetivos y requisitos del proyecto:			
<p>Establecimiento de generadores eléctricos en un campo de refugiados con 5000 personas en zona desértica, satisfienddo las necesidades mínimas para las familias y cumpliendo con los requisitos militares de ruido y separación entre grupos.</p>			
Entregables e hitos:	Fecha inicio	Fecha fin	Fecha fin
Proyecto: Generadores Eléctricos en operaciones militares			
M1 Estudio de Generadores Eléctricos y componentes.		M4 Simulación para caso de estudio de campo de refugiados (5000 pers.)	
M2 Estudio de la logística del transporte de los grupos y su abastecimiento.		M5 Optimización con un programa comercial para sistemas híbridos.	
M3 Recopilación de problemas habituales experimentados en la unidad.			
Riesgos de alto nivel:			
<p>Como amenazas nos encontramos la adaptación a climas desérticos, que no nos permitirá operar los generadores con un rendimiento aceptable, que las baterías de arranque se descargan si no se usa un desconector de batería y el tiempo que tarda un generador en darnos tensión (17 segundos). Como oportunidades tenemos la posibilidad de suministrar parte del consumo con energías renovables (solar fotovoltaica), la posibilidad de conectar en paralelo varios grupos electrogenos permitiendo que funcionen a la vez, la tecnología invertir que permite que un generador funcione únicamente a las revoluciones necesarias para satisfacer la demanda energética y la utilización de sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI) para asegurar el suministro de cargas críticas.</p>			
Aprobación y firma:			Fecha: 07/04/2014

11.2. Anexo B: EDT

Nombre proyecto: Generadores Eléctricos en operaciones militares Project manager: Antonio Fraile Ferreiro		Fecha: 11/09/2015 0:00 Sección:				
ID	Nombre tarea	Descripción	Responsable	Fecha inicio	Fecha fin	Fecha reunión
1	Estudio de Generadores Eléctricos y componentes.		Antonio Fraile Ferreiro			Cerrada
	Obtención y Estudio de manuales de grupos electrógenos		Antonio Fraile Ferreiro	30/09/2014	06/10/2014	Cerrada
	Elaboración de lista de componentes	Extraídos de los manuales de los grupos electrógenos	Antonio Fraile Ferreiro	07/10/2014	13/10/2014	Cerrada
	Comparación de generadores eléctricos con los actuales del mercado	Propiedades novedosas y capacidades de los motores	Antonio Fraile Ferreiro	07/10/2014	13/10/2014	Cerrada
	Búsqueda de modularización de los distintos generadores		Antonio Fraile Ferreiro	14/10/2014	27/10/2014	Cerrada
	Selección de la cilindrada del motor en función de la demanda energética	Cálculo difícil, por tanto se utilizara la cilindrada de los motores MAN	Antonio Fraile Ferreiro	28/10/2014	10/11/2014	Cerrada
	Búsqueda de proveedores del motor		Antonio Fraile Ferreiro	11/11/2014	17/11/2014	Cerrada
	Estudio de distintos tipos de combustible	Aditivos de los combustibles	Antonio Fraile Ferreiro	18/11/2014	24/11/2014	Cerrada
	Estudio de distintos tipos de energías renovables	Aplicación en operaciones de manera conjunta con combustibles fósiles	Antonio Fraile Ferreiro	01/12/2014	01/12/2014	Cerrada
	Medios de almacenamiento de energías	Orientados a energías renovables	Antonio Fraile Ferreiro	02/12/2014	15/12/2014	Cerrada
	Estudio de modularización y acople de medios de energías renovables		Antonio Fraile Ferreiro	02/12/2014	08/12/2014	Cerrada
	Estudio e implementación de Sistema de alimentación ininterrumpida (SAI)	Permita asegurar el suministro a cargas críticas	Antonio Fraile Ferreiro	16/12/2014	22/12/2014	Cerrada
	Estudio e implementación de reguladores de carga		Antonio Fraile Ferreiro	16/12/2014	22/12/2014	Cerrada
	Estudio e implementación de Sistemas para la desconexión de cargas prescindibles	En el caso de que la demanda de suministro sea excesiva	Antonio Fraile Ferreiro	16/12/2014	22/12/2014	Cerrada
	Enlaces entre grupos electrógenos		Antonio Fraile Ferreiro	23/12/2014	12/01/2015	Cerrada
2	Estudio de la logística del transporte de los grupos y su abastecimiento.		Antonio Fraile Ferreiro			Cerrada
	Transporte de grupos electrógenos		Antonio Fraile Ferreiro	13/01/2015	26/01/2015	Cerrada
	Transporte de medios de energías renovables		Antonio Fraile Ferreiro	13/01/2015	26/01/2015	Cerrada
	Selección de las dimensiones del contenedor	Dimensiones estandarizadas	Antonio Fraile Ferreiro	13/01/2015	19/01/2015	Cerrada
	Estudio de los distintos medios de transporte	Transporte de los contenedores por tierra, mar y aire y costes asociados	Antonio Fraile Ferreiro	27/01/2015	02/02/2015	Cerrada
	Optimización de itinerarios en la proyección estratégica	Cálculo de distancia total y coste asociado a las distintas combinaciones	Antonio Fraile Ferreiro	03/02/2015	09/02/2015	Cerrada
	Selección de depósito de combustible interno		Antonio Fraile Ferreiro	10/02/2015	16/02/2015	Cerrada
	Selección de depósito de combustible externo		Antonio Fraile Ferreiro	10/02/2015	16/02/2015	Cerrada
	Obtención de proveedores de combustible en zona de operaciones	Diferencia entre el coste en TN más el transporte o coste en ZO	Antonio Fraile Ferreiro	17/02/2015	02/03/2015	Cerrada
	Búsqueda de filtros para las impurezas en los depósitos	Decantación en los depósitos	Antonio Fraile Ferreiro	10/02/2015	16/02/2015	Cerrada

3	Recopilación de problemas habituales experimentados en la unidad.	Antonio Fraile Ferreiro	03/03/2015	Cerrada	16/03/2015	Cerrada	16/03/2015
	Problemas en el motor	Antonio Fraile Ferreiro	03/03/2015	Cerrada	09/03/2015	Cerrada	16/03/2015
	Problemas en el alternador	Antonio Fraile Ferreiro	03/03/2015	Cerrada	16/03/2015	Cerrada	16/03/2015
	Problemas en el cuadro automático de control y conmutación	Antonio Fraile Ferreiro	03/03/2015	Cerrada	16/03/2015	Cerrada	16/03/2015
	Problemas en el cuadro de potencia	Antonio Fraile Ferreiro	03/03/2015	Cerrada	16/03/2015	Cerrada	16/03/2015
	Problemas en el sistema silencioso	Antonio Fraile Ferreiro	03/03/2015	Cerrada	16/03/2015	Cerrada	16/03/2015
	Problemas en el sistema de ventilación	Antonio Fraile Ferreiro	03/03/2015	Cerrada	16/03/2015	Cerrada	16/03/2015
	Problemas en el tiempo de respuesta	Antonio Fraile Ferreiro	03/03/2015	Cerrada	09/03/2015	Cerrada	16/03/2015
	Problemas en las baterías	Antonio Fraile Ferreiro	03/03/2015	Cerrada	09/03/2015	Cerrada	16/03/2015
	Problemas en el combustible y su almacenaje	Antonio Fraile Ferreiro	03/03/2015	Cerrada	16/03/2015	Cerrada	16/03/2015
	Problemas en el enlace entre grupos	Antonio Fraile Ferreiro	03/03/2015	Cerrada	16/03/2015	Cerrada	16/03/2015
	Medidas para la detección de problemas	Antonio Fraile Ferreiro	17/03/2014	Cerrada	30/03/2015	Cerrada	30/03/2015
	Mantenimiento preventivo y correctivo realizado por los operarios	Antonio Fraile Ferreiro	31/03/2015	Cerrada	06/04/2015	Cerrada	06/04/2015
	Mantenimiento en tercer y cuarto escalón	Antonio Fraile Ferreiro	31/03/2015	Cerrada	13/04/2015	Cerrada	13/04/2015
4	Simulación para caso de estudio de campo de refugiados (5000 pers.)	Antonio Fraile Ferreiro		Cerrada			
	Recogida de condiciones mínimas de vida en campos de refugiados	Antonio Fraile Ferreiro	14/04/2015	Cerrada	04/05/2015	Cerrada	04/05/2015
	Cálculo de demanda energética unifamiliar	Antonio Fraile Ferreiro	05/05/2015	Cerrada	11/05/2015	Cerrada	11/05/2015
	Cálculo de demanda energética total	Antonio Fraile Ferreiro	12/05/2015	Cerrada	18/05/2015	Cerrada	18/05/2015
	Selección del emplazamiento	Antonio Fraile Ferreiro	19/05/2015	Cerrada	25/05/2015	Cerrada	25/05/2015
	Cálculo del número de grupos electrógenos en función de la demanda total	Antonio Fraile Ferreiro	19/05/2015	Cerrada	25/05/2015	Cerrada	25/05/2015
	Separación entre grupos electrógenos y utilización simultánea	Antonio Fraile Ferreiro	26/05/2015	Cerrada	01/06/2015	Cerrada	01/06/2015
	Cálculo de la sección de cable entre grupos	Antonio Fraile Ferreiro	02/06/2015	Cerrada	08/06/2015	Cerrada	08/06/2015
	Cálculo del coste aproximado de combustible para mantenimiento diario	Antonio Fraile Ferreiro	26/05/2015	Cerrada	01/06/2015	Cerrada	08/06/2015
5	Optimización con un programa comercial para sistemas híbridos.	Antonio Fraile Ferreiro		Cerrada			
	Estudio de condiciones especiales de sistemas híbridos	Antonio Fraile Ferreiro	09/06/2015	Cerrada	15/06/2015	Cerrada	15/06/2015
	Utilización de redes inteligentes	Antonio Fraile Ferreiro	16/06/2015	Cerrada	22/06/2015	Cerrada	22/06/2015
	Cálculo con grupos electrógenos híbridos	Antonio Fraile Ferreiro	16/06/2015	Cerrada	22/06/2015	Cerrada	22/06/2015
	Diferencias en el coste con sistemas convencionales	Antonio Fraile Ferreiro	23/06/2015	Cerrada	06/07/2015	Cerrada	06/07/2015
	Ahorro energético producido con sistemas híbridos	Antonio Fraile Ferreiro	07/07/2015	Cerrada	13/07/2015	Cerrada	13/07/2015
	Balances global y viabilidad a corto y largo plazo	Antonio Fraile Ferreiro	14/07/2015	Cerrada	03/08/2015	Cerrada	03/08/2015

11.3. Anexo C: Instalaciones y cargas asociadas

Instalaciones familiares	Pozo de agua	Hospital
2 Fluorescentes (64w)	Bomba sumergible (440w)	Inversor (300w)
4 Bombillas (240w)	1 fluorescente (32 w)	Baterías
Fogones inducción (2200w)	Grupo de presión (4000w)	Reguladores de Carga
Televisión LCD 37' (100w)		20 Fluorescentes (640w)
Radio (15w)		2 Ordenadores (1200w)
Cargador Móvil (5w)		Grupo Electrónico
Nevera pequeña (500w)		4 Neveras (2000w)
2 Ventiladores (70w)		10 Cargadores móvil (50w)
Calentador (1050w)		2 Radios (30w)
		Televisión LCD 37'(100w)
		3 Fogones Inducción (6600w)
		3 aire AC Split (3000w)
		3 ventiladores grandes (864w)
		Calentador (1050w)
		Eco grafo (480w)
		Thermo Electron Centrifuga (260w)
		Centurion sistifuz (120w)
		Labofuge 300/ Heracus (180w)
		Aparatos de gafas (300w)
4,244 kW	4,472 kW	17,174 kW
Hornos-Molinos	Centro Mujeres	Centro de Ancianos
Molino grande (1500w)	3 ordenadores (930w)	5 Fluorescentes (160w)
Horno industrial (59kw)	6 fluorescentes (192w)	2 cargadores móvil (10w)
2 Fluorescentes (64w)	2 Cargadores Móvil (10w)	
Cortadora (370w)	antena satelital	
Amasadora industrial (750w)	2 Receptores (50w)	
2 Ventiladores grandes (576w)	SAI 2 kVA (700w)	
	1 Fogones Inducción (2200w)	
	2 aire AC Split (2000w)	
	1 Nevera (890w)	
	3 Ventiladores Grandes (864w)	
62,260 kW	7,836 kW	170 W
Colegio	Oficinas	
6 Ordenadores (1860w)	8 ordenadores (2480w)	
10 Fluorescentes (320w)	3 aires AC Split (2000w)	
2 Cargadores Móvil (10w)	4 Ventiladores Grandes (1152w)	
Antena Satelital	2 Fogones Inducción (4400w)	
2 Receptores (50w)	antena satelital	
SAI 10 kVA (3000w)	SAI 3 kVA (1000w)	
1 Fogones inducción (2200w)	4 Cargadores Móvil (20w)	
1 aire AC Split (1000w)		
1 Nevera (890w)		
4 Ventiladores Grandes (1152w)		
10,482 kW	11,052 kW	

11.4. Anexo D: Matriz de riesgos

Risk Assessment - Measure List							OFICINA DE PROYECTOS 2013-2014		
Project Name: Generadores Eléctricos en operaciones militares		Team: Antonio Fraile Ferreiro		Start Date: 07/04/2014					
Project leader: Generadores Eléctricos en operaciones militares									
ID	Risk Description	Risk categories	Reason for risk	Impact (low, middle, high)	Probability (1,2,3)	Risk-class	Risk Effects	Measure	Risk class after measure implementation
1	Falta de lista detallada de componentes del grupo electrónico.			M	1	1M	Mala definición de los elementos	Creación de lista y planos de componentes	1L
2	Probabilidad de reemplazo de generadores del ET.			M	1	1M	Dificultad para sustituir grupos electrónicos.		1M
3	Que los generadores eléctricos del ET estén obsoletos			H	3	3H	Desfase con respecto a la tecnología actual	Adquisición de nuevos generadores eléctricos o adaptación de los actuales	1H
4	Imposibilidad de modular generadores eléctricos.			L	1	1L	Difícil sustitución o recambio de módulos.		1L
5	No compatibilidad de los distintos módulos			M	1	1M	Obtención de generador como un todo sin posibilidad de alterar nada		1M
6	Que no sea posible modificar la cilindrada del motor			L	2	2L	No se puede obtener un generador con una potencia concreta		2L
7	Dimensiones del motor excesivas debido a una elevada demanda energética.			M	1	1M	Difícil acople dentro del contenedor		1M
8	Imposibilidad de calcular la cilindrada			M	1	1M	Provoca que haya que buscar motores estandarizados		1M
9	No sea posible fabricar motores de la cilindrada calculada			M	2	2M	Provoca que haya que buscar motores estandarizados		2M
10	Gasto excesivo en combustible del motor			H	3	3H	Dependencia de combustibles fósiles y mayor coste económico	Utilización de medios híbridos de combustibles fósiles y energías renovables, utilización de motores más eficientes	1H
11	Falta de proveedores del motor			H	1	1H	Búsqueda compleja de motores específicos		1H
12	Que no se pueda adquirir el motor independientemente del resto de componentes.			M	1	1M	Imposibilidad de modular el contenedor		1H
13	Sección de cable entre grupos excesiva			H	3	3H	Cableado muy costoso y con grandes tamaños	Optimizar la distancia entre grupos	1H
14	Error en la selección del tipo de combustible			H	1	1H	Mayor gasto de combustible y económico		1H
15	Que los medios de energías renovables no nos proporcionen el suministro suficiente			H	3	3H	No se pueda satisfacer la demanda energética	Utilización de medios más eficientes o mayor número de ellos, además de la utilización de combustibles fósiles	1H
16	Malá incorporación de medios de energías renovables al grupo electrónico			H	2	2H	No obtención de la energía necesaria	Utilización de tecnología inverser para transformación de corriente continua a alterna y así introducida a la red especial	1H
17	Selección de aditivos que dañen el motor.			H	1	1H	Menor vida del motor y por tanto del grupo electrónico.	Definir un criterio claro para la utilización de aditivos	1H
18	Introducir al motor combustible erróneo			H	1	1H	Avería del motor		1H
19	Imposibilidad de utilizar energías renovables			H	2	2H	Utilización exclusiva de combustibles fósiles y dependencia de su suministro		2H
19	Molinos de viento visibles desde mucha distancia			H	3	3H	Localización descubierta por el enemigo	Reducción del tamaño a cambio de una menor eficiencia energética, o bien uso de pinturas mimetizadas.	2H

20	Difficil emplazamiento de células fotovoltaicas								Huertos solares de gran tamaño para obtener niveles de energía aceptables	Utilización de células fotovoltaicas integradas en los techos de tiendas de campaña	1H
21	Fallo en la selección del medio de energía renovable idóneo				H	3	3H	No obtención de la energía necesaria	Utilización de combustibles fósiles		1H
22	Grandes instalaciones para medios renovables que no estén disponibles				H	1	1H	No obtención de la energía necesaria			1H
23	Medios de almacenamiento demasiado grandes y difíciles de transportar				H	2	2H	Mayor coste en transporte y no entrarían en el contenedor	Estudio y utilización de nuevos medios de almacenamiento		1H
24	Medios de almacenamiento incapaces de almacenar la energía suficiente				H	1	1H	No obtención de la energía necesaria			1H
25	No sea posible combinar medios de energías renovables con los fósiles				M	1	1M	Utilización exclusiva de combustibles fósiles			1M
26	No sea posible establecer módulos distintos				M	1	1M	Difficil recambio y repuesto del grupo eléctrico			1M
27	El Sistema de alimentación ininterrumpida no nos da la energía eléctrica suficiente				H	1	1H	Las cargas críticas no obtienen energía para continuar con su funcionamiento			1H
28	el SAI no corrige picos de tensión				M	1	1M	Averías en los equipos			1M
29	B SAI no funciona en casos de caída de tensión				H	1	1H	Las cargas críticas no obtienen energía para continuar con su funcionamiento			1H
30	El sistema para la regulación de carga no impide daños en los módulos de almacenamiento				L	1	1L	Descarga o inutilización de medios de almacenamiento			1L
31	El relé no desconecta las cargas a pesar de que los valores son excesivos				M	1	1M	Demanda energética de los equipos elevada que no puede proporcionar el grupo			1M
32	No seleccionar bien cuales son las cargas prescindibles				L	1	1L	Desconexión de equipos imprescindibles cuando la demanda energética es grande			1L
33	Daño en el transporte de grupos eléctricos				H	1	1H	Fallo en el grupo electrógeno			1H
34	Daño en el transporte de medios de energías renovables				H	1	1H	Fallo en los medios de energías renovables			1H
35	Error en la selección de las dimensiones del contenedor				H	1	1H	Transporte con mayor coste o imposibilidad de transportar el contenedor			1H
36	Fallo en la selección del medio de transporte				M	2	2M	Mayor coste en transporte y tiempo de despliegue en zona de operaciones			2M
37	Mal intercambio entre los distintos medios				M	1	1M	Mayor coste en transporte y tiempo de despliegue en zona de operaciones			1M
38	Contenedor no sea aerotransportable por exceso de peso				M	2	2M	Mayor tiempo de despliegue en zona de operaciones y búsqueda de transportes alternativos			2M
39	Contenedor no sea aerotransportable por exceso de dimensiones				M	1	1M	Mayor tiempo de despliegue en zona de operaciones y búsqueda de transportes alternativos			1M
40	Elevado coste en el transporte de los grupos eléctricos				H	2	2H	Incremento en el coste de transporte	Estandarización de los contenedores		1H
41	Gran distancia en la proyección estratégica				M	3	3M	Mayor coste en el transporte y tiempo de despliegue en zona de operaciones			3M
42	Selección de itinerario erróneo en la proyección estratégica				H	3	3H	Mayor coste en el transporte y tiempo de despliegue en zona de operaciones	Utilización de software para optimizar el itinerario		1H
43	Deposito de combustible interno con capacidad insuficiente				H	1	1H	Menor tiempo total de operación del grupo electrógeno			1H
44	Deposito de combustible interno con materiales degradables				H	1	1H	Fugas de combustible e inutilización del grupo electrógeno			1H

45	El depósito de combustible interno no entra dentro del contenedor.				M	1	1M	Mayor tamaño del contenedor y aumento de costes asociados		1M
46	Deposito de combustible externo no dispone de filtro de combustible.				M	1	1M	Mal funcionamiento del motor por presencia de impurezas		1M
47	No se produce decantación en el depósito de combustible				H	1	1H	Mal funcionamiento del motor por presencia de impurezas		1H
48	Imposibilidad de encontrar accesorios de combustible				H	2	2H	Aumento del coste por transporte de combustible del territorio nacional	Transporte del combustible desde territorio nacional	1H
49	Mayor coste de combustible en zona de operaciones que en territorio nacional.				H	3	3H	Transporte de combustible desde territorio nacional	Transporte del combustible desde territorio nacional	1H
50	Presencia de partículas de arena en el aire.				H	3	3H	Parada del grupo electrógeno o del motor	Contenedores bien sellados y filtros de aire en módulos del generador	2H
51	Ruido excesivo del motor				H	2	2H	Detección del campamento por parte del enemigo.	Mejora del sistema de silencioso	1H
52	Gasto de combustible elevado				H	3	3H	Menor tiempo total de operación del grupo electrógeno y consiguiente aumento del coste.	Utilización de medios híbridos de combustibles fósiles y energías renovables, así como utilización de motores más eficientes.	1H
53	Motor de cilindrada insuficiente				M	1	1M	Menor potencia del grupo electrógeno		1H
54	Incapacidad de realizar mantenimiento preventivo del motor.				H	2	2H	Necesidad de envío a segundo escalón, con menor tiempo de utilización del grupo.	Formación del personal en mantenimiento preventivo del generador eléctrico	1H
55	Aumenten las revoluciones del motor proporcionando mayor intensidad.				M	1	1M	Cambio de la frecuencia que afecta a los equipos conectados al grupo		1M
56	Mal acople entre el motor y el alternador.				H	1	1H	Fallos en la obtención de energía eléctrica		1H
57	Fallo en el sistema de regulación del alternador				H	1	1H	Fallos en la obtención de energía eléctrica		1H
58	Frecuencia de giro del motor elevada				H	2	2H	Cambio de la frecuencia que afecta a los equipos conectados al grupo.	Utilización de cuadro automático de control	1H
59	Temperatura elevada dentro del contenedor				H	3	3H	Potencia real del grupo menor de la nominal	Mejora de sistema de ventilación	2H
60	Temperatura baja dentro del contenedor.				H	3	3H	Potencia real del grupo menor de la nominal.	Mejora de sistema de ventilación	2H
61	Tiempo sin tensión en el grupo electrógeno excesivo				H	3	3H	Cargas críticas no obtienen fuente de energía y paran su funcionamiento	Utilización de Sistema de alimentación ininterrumpida (SAI)	1H
62	Descarga de las baterías por contacto.				H	3	3H	No arranca el grupo electrógeno	Implantación de desconectores de baterías	1H
63	Fallo en el arranque				H	1	1H	No arranca el grupo electrógeno		1H
64	Fallo en los inyectores por uso de combustible de mala calidad				H	3	3H	Inutilización del grupo electrógeno	Decantación del combustible en tanques y utilización de filtros para limpieza del combustible	1H
65	Riesgos de fuego por combustibles sometidos a elevadas temperaturas				H	1	1H	Inutilización del grupo electrógeno y peligro de incendio		1H
66	Indicador es averiado o no funcionan				H	1	1H	No detección de posibles averías		1H
67	Excesivo tiempo en el mantenimiento en tercer y cuarto escalón				M	3	3M	No disponibilidad del grupo electrógeno	Evitar el envío a tercer y cuarto escalón aumentando el mantenimiento preventivo	1M
68	Condiciones Mínimas de vida en campos de refugiados mal seleccionadas				H	2	2H	Malas condiciones de vida en el campo de refugiados		2H
69	Mala selección del emplazamiento del campo de refugiados				H	3	3H	Problemas en el establecimiento del campo de refugiados y mal funcionamiento de auxos	Estudio previo del terreno así como de la localización geográfica	1H
70	Demanda energética total del campo de refugiados menor que la real				H	2	2H	Mal funcionamiento de la red eléctrica del campo de refugiados		2H
71	Calculo del numero de grupos electrógenos necesarios erróneo				H	1	1H	Menor o mayor potencia de la necesaria		1H
72	Separaciones entre grupos electrógenos insuficiente				M	1	1M	Inutilización de varios grupos por ataque enemigo		1M
73	Coste de mantenimiento diario elevado.				M	2	2M	Mayor coste		2M

