



## Trabajo Fin de Grado

### ESTUDIO Y MEJORA DE LOS MATERIALES DE FORTIFICACIÓN EN ZONA DE OPERACIONES

Autor

DAC María del Carmen García Cuadrado

Director/es

Director académico: D. Ángel Gracia Ramos

Director militar: Tte. Dña. Ana Fernández Llamazares

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

**2022**



## AGRADECIMIENTOS

Antes de comenzar con la realización de la memoria del Trabajo de Fin de Grado (TFG), me gustaría dar las gracias a todas las personas que han contribuido y ayudado a alcanzar los objetivos que me había propuesto en estos 5 años. En primer lugar, a mi familia por el esfuerzo y el gran apoyo moral incondicional durante mi paso por la Academia General Militar en estos años. Y en segundo lugar, pero no menos importante a las amistades forjadas durante estos años en la Academia General Militar.

Por otro lado, gracias por la acogida al Regimiento de Ingenieros Nº8 en Melilla que fue excelente así como a todos los mandos, destacando la labor de mi director militar, la Teniente Doña Ana Fernández Llamazares de la Compañía de Apoyo que consiguió aportarme todo lo que necesitaba tanto en el desarrollo de mi TFG como a la hora de realizar mis prácticas de mando. Destaco su amplio interés así como su alta disponibilidad. También agradecer a mi director académico, el Teniente Coronel Don Ángel Gracia Ramos por aportarme los conocimientos técnicos necesarios para la elaboración de la memoria.

También querría agradecer al resto del personal de otras unidades, en concreto al Comandante Don Víctor Hervella Garcés y al Capitán Don Juan Manuel Viñés Vital, por facilitarme la información requerida en mi TFG en cuanto a manuales, directrices, experiencia y respuesta a mis encuestas.

Por último, pero no menos importante me gustaría agradecer a todas las empresas civiles su colaboración y ayuda en este TFG, haciendo posible su elaboración.



## RESUMEN

Dadas las actuales misiones en Zona de Operaciones de las Fuerzas Armadas, las Unidades de Ingenieros dependen en gran medida de las capacidades del propio país en el que se despliega, en lo que a medios de fortificación de bases respecta. En muchas ocasiones este hecho ha contribuido a la demora o al incumplimiento de la misión a la hora de adquirir mano de obra, maquinaria, materias primas, etc. Por lo tanto, dada la situación se deduce la necesidad de proyectar maquinaria o materiales desde Territorio Nacional a fin de solventar estos problemas y cumplir con la misión requerida.

Se debe tener en cuenta que los medios de fortificación que se puedan proyectar al extranjero deben ser ligeros, sencillos y fáciles de transportar por diferentes medios (marítimo, terrestre o aéreo). Uno de los materiales más utilizados en las bases en el extranjero son las barreras de hormigón. Se han utilizado los requisitos anteriores para llevar a cabo una investigación de cómo mejorarlas partiendo de lecciones aprendidas en zona de operaciones y entrevistas sobre estos materiales. Los principales problemas detectados entre otros, han sido la dificultad de encontrar hormigón con unas especificaciones técnicas sobre todo en las dosificaciones de las materias primas, falta de normativa local en la producción y distribución del hormigón, retrasos temporales en el suministro de hormigón en obra, problemas para mantener el hormigón en movimiento y homogéneo en la cuba, etc.

Analizadas las deficiencias de las barreras de hormigón y barajando diferentes alternativas, este trabajo propone la adquisición de una planta de hormigón portátil y con ello el uso de hormigón in situ gestionado por las propias Unidades de Ingenieros en el extranjero. Esta maquinaria facilitaría los trabajos continuos eliminando así los tiempos de espera, el aumento del rendimiento de la unidad, el cumplimiento de cronogramas temporales preestablecidos, la posibilidad de realizar trabajos con hormigón de mayor envergadura y principalmente elegir personalmente las especificaciones del hormigón a utilizar.

Se han analizado diferentes propuestas de plantas de hormigón portátil y finalmente se ha elegido aquella que cumplía en mayor medida con los objetivos marcados anteriormente por personal que ha estado relacionado directamente con esta problemática.



## ABSTRACT

Given the current missions of the Armed Forces, the Engineer Units depend heavily on the capabilities of the country in which they are deployed, in terms of base fortification capabilities. On many occasions this fact has contributed to the delay or failure of the mission in order to acquire workforce, machinery, raw materials, etc. Therefore, given this situation, it follows the need to transport machinery or materials from the national territory in order to solve these problems and fulfill the required mission.

It should be taken into account that the fortification materials that will be transported abroad must be light, simple and easy to move by different means (sea, land or air). One of the most used materials in bases abroad are concrete barriers. The above requirements have been used to conduct research on how to improve them, based on lessons learned in the area of operations and interviews about these materials. The main problems identified, among others, have been the difficulty of finding concrete with technical specifications required, lack of local regulations in the production and distribution of concrete, temporary delays in the supply of concrete on site, problems in keeping the concrete moving and homogeneous in the cement mixer, etc.

Having been analyzed the concrete barrier's deficiencies and considering different alternatives, this TFG proposes the acquisition of a portable concrete plant and with it, the use of concrete on site, managed by our own engineers' units abroad. This machinery would facilitate the continuous work eliminating in the way the waiting times. Also increasing the performance of the unit, therefore the fulfillment of the time schedules. Besides the possibility of carrying out larger works with concrete and mainly being able to choose the specifications of the concrete to be used.

Finally, different proposals for portable concrete plants have been analyzed. The one that has been chosen fulfills with the objectives based on the opinions of personnel who have been directly related to this problem.



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA .....</b>	<b>3</b>
2.1.    OBJETIVOS Y ALCANCE.....	3
2.2.    METODOLOGÍA .....	3
<b>3. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>5</b>
3.1.    DESCRIPCIÓN DE UNA POSICIÓN DE COMBATE AVANZADA .....	5
3.2.    MATERIALES EMPLEADOS .....	6
3.2.1.    DEFENSA PERIMÉTRICA .....	6
3.2.2.    REFUGIOS .....	7
3.2.3.    ZONA DE MANDO .....	9
3.2.4.    ZONA DE VIDA .....	9
3.3.    ANÁLISIS DE LOS DATOS RECOPILADOS .....	10
<b>4. DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS.....</b>	<b>12</b>
4.1.    PROBLEMAS DE LOS MATERIALES EN ZO .....	12
4.1.1.    FALLO DE LAS BARRERAS DE PROTECCIÓN TRAS SER ALCANZADOS POR PROYETILES.....	12
4.1.2.    FALLO DE CONSISTENCIA Y RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN EN OTRAS APLICACIONES	17
4.2.    POSIBLES SOLUCIONES Y EVALUACIÓN .....	21
4.2.1.    ANÁLISIS ADQUISICIÓN PLANTA DE HORMIGÓN PORTATIL EN EL ET.....	22
4.2.2.    ANÁLISIS DE RIESGOS DE LA ADQUISICIÓN DE PLANTA DE HORMIGÓN PORTÁTIL EN EL ET.....	24
4.2.3.    ALTERNATIVAS DE PLANTAS DE HORMIGÓN PORTÁTILES.....	28
4.2.4.    SELECCIÓN PLANTA DE HORMIGÓN PORTATIL MÁS ADECUADA .....	30
4.2.5.    ANÁLISIS DE COSTES .....	32
<b>5. CONCLUSIONES .....</b>	<b>33</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>35</b>
<b>6. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>35</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>39</b>
ANEXO 1-ENCUESTAS .....	39
ENCUESTA REALIZADA .....	41
RESUMEN DE LAS ENCUESTAS.....	42
ANEXO 2- INFORME CALMI PRUEBAS DE HORMIGÓN.....	45
ANEXO 3- ANÁLISIS DE RIESGOS .....	46
ANEXO 4- DOCUMENTACIÓN PLANTA DE HORMIGÓN .....	48



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1: IMAGEN AÉREA BASE EN ZONA DE OPERACIONES FUENTE: (MINISTÈRE DE LA DEFENSE, 2011) .....	2
ILUSTRACIÓN 2: DISEÑO GENÉRICO DE UNA COP FUENTE: (MANDO DE ADIESTRAMIENTO Y DOCTRINA (MADOC), 2020) .....	5
ILUSTRACIÓN 3: DEFENCELL FUENTE: (DEFENCELL, 2021) .....	6
ILUSTRACIÓN 4: HORMIGONADO DE MOLDES FUENTE: (CUARTEL GENERAL DEL MANDO DE INGENIEROS, 2018) .....	8
ILUSTRACIÓN 5: MOLDE ESTRUCTURA PREFABRICADA FUENTE: (CUARTEL GENERAL DEL MANDO DE INGENIEROS, 2018) .....	8
ILUSTRACIÓN 6: HORMIGONADO MOLDES FUENTE: (CUARTEL GENERAL DEL MANDO DE INGENIEROS, 2018) .....	8
ILUSTRACIÓN 7: TORRE DE VIGILANCIA CON PREFABRICADOS TUBULARES DE HORMIGÓN .....	8
ILUSTRACIÓN 8: CONTENEDORES DE VIDA FUENTE: (CUARTEL GENERAL DEL MANDO DE INGENIEROS, 2018) .....	9
ILUSTRACIÓN 9: TIENDAS UTILIS TM36 FUENTE: (CUARTEL GENERAL DEL MANDO DE INGENIEROS, 2018) .....	9
ILUSTRACIÓN 10: DIAGRAMA CAUSA-EFECTO DEFECTOS EN EL HORMIGÓN FUENTE: PROPIA .....	11
ILUSTRACIÓN 11: EFECTOS DE PROYECTIL EN EL HORMIGÓN. FUENTE: ASIGNATURA FORTIFICACIÓN 5ºEMIEO .....	13
ILUSTRACIÓN 12: PROYECTIL CARGA HUECA FUENTE: ASIGNATURA FORTIFICACIÓN 5º EMIEO .....	15
ILUSTRACIÓN 13: EFECTOS SOBRE BLANCO DE HORMIGÓN ARMADO HA-25 FUENTE: INSTALAZA .....	15
ILUSTRACIÓN 14: EFECTOS SOBRE SACOS TERREROS FUENTE: INSTALAZA .....	17
ILUSTRACIÓN 15: MÉTODO DEL CONO DE ABRAMS FUENTE: (PROGRAMA DE AFILIADOS DE LA CONSTRUPEDIA, S.F.) .....	17
ILUSTRACIÓN 16: ASPECTO DE LA OBRA REALIZADA EN IRAK FUENTE: RING 8 .....	18
ILUSTRACIÓN 17: PRUEBAS DE HORMIGÓN FUENTE: RING 8 .....	18
ILUSTRACIÓN 18: MARTILLO DE SCHMIDT FUENTE: (PROGRAMA DE AFILIADOS DE LA GEOTECNICA, S.F.) .....	19
ILUSTRACIÓN 19: GRÁFICO DE CORRELACIÓN PARA EL MARTILLO SCHMIDT ENTRE RESISTENCIA A COMPRESIÓN, DENSIDAD DE LA ROCA Y REBOTE FUENTE: (PROGRAMA DE AFILIADOS DE LA CONSTRUPEDIA, S.F.) .....	19
ILUSTRACIÓN 20: PRUEBAS DE BLOQUES DE HORMIGÓN PREFABRICADOS FUENTE: RING 8 .....	20
ILUSTRACIÓN 21: PROGRAMA INFORMÁTICO “CALMI” FUENTE: PLANTA DE HORMIGÓN “CALMI” .....	25
ILUSTRACIÓN 22: EJEMPLO DE DISTRIBUCIÓN INICIAL DE ZONAS EN UNA COP FUENTE: CTE. HERVELLA .....	27
ILUSTRACIÓN 23: LOGO EMPRESA FUENTE: PÁGINA OFICIAL EMPRESAS .....	28
ILUSTRACIÓN 24: ESQUEMA POSIBILIDADES PLANTA DE HORMIGÓN FUENTE: PROPIA .....	28



## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: FIGURA ESQUEMÁTICA SOBRE LA METODOLOGÍA EMPLEADA FUENTE: PROPIA .....	4
TABLA 2: TIPOS DE CEMENTO UTILIZABLES. FUENTE: EHE-08 .....	14
TABLA 3: RESUMEN EFECTOS COMPONENTES HORMIGÓN FUENTE: PROPIA .....	14
TABLA 4: PARÁMETROS QUE SE MODIFICARON EN LOS ENSAYOS FUENTE: PROPIA .....	15
TABLA 5: ESTRUCTURAS PREFABRICADAS TIPO FUENTE: PROPIA .....	16
TABLA 6: MATERIAS PRIMAS HORMIGÓN FUENTE: PROPIA .....	21
TABLA 7: DAFO ADQUISICIÓN PLANTA DE HORMIGÓN NO PERMANENTE EN EL ET FUENTE: PROPIA .....	22
TABLA 8: CLASIFICACIÓN DE LOS RIESGOS EN FUNCIÓN DE SU PROBABILIDAD E IMPACTO FUENTE: PROPIA .....	24
TABLA 9: POTENCIA ELEMENTOS PLANTA DE HORMIGÓN FUENTE: PROPIA .....	26
TABLA 10: CLASIFICACIÓN DE LOS RIESGOS ANTES Y DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS MEDIDAS FUENTE: PROPIA .....	27
TABLA 11: PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LAS PLANTAS DE HORMIGÓN FUENTE: PROPIA .....	29
TABLA 12: PONDERACIONES MÉTODO SCORING FUENTE: PROPIA .....	31
TABLA 13: RESULTADOS DEL MÉTODO SCORING FUENTE: PROPIA .....	31
TABLA 14: PRESUPUESTO FINAL PLANTA DE HORMIGÓN M-DHA-60 FUENTE: ALQUÉZAR S.A .....	32
TABLA 15: FICHA TÉCNICA DE LAS ENCUESTAS FUENTE: PROPIA .....	39
TABLA 16: DATOS ESTADÍSTICOS DE LAS ENCUESTAS FUENTE: PROPIA (EXCEL) .....	40
TABLA 17: DATOS ESTADÍSTICOS DE LAS ENCUESTAS FUENTE: PROPIA (EXCEL) .....	40



## ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS

AGM	-	ACADEMIA GENERAL MILITAR
C-90	-	COHETE 90 MM
CE	-	CONFORMIDAD EUROPEA
COP	-	POSICIÓN DE COMBATE AVANZADA
CTE	-	CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN
EHE	-	INSTRUCCIÓN DE HORMIGÓN ESTRUCTURAL
ET	-	EJÉRCITO DE TIERRA
FAS	-	FUERZA ARMADAS
GE	-	GRUPO ELECTRÓGENO
HA	-	HORMIGÓN ARMADO
ISAF	-	ASISTENCIA PARA LA SEGURIDAD
MADOC	-	MANDO DE ADIESTRAMIENTO Y DOCTRINA
N	-	NEWTON
NBQ	-	NUCLEAR, BIOLÓGICO, QUÍMICO
OTAN	-	ORGANIZACIÓN DEL TRATADO DEL ATLÁNTICO NORTE
PPT	-	PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS
REI-11	-	REGIMIENTO DE ESPECIALIDADES DE INGENIEROS N°1
SOFA	-	STATUS OF FORCES AGREEMENT
TFG	-	TRABAJO DE FIN DE GRADO
TN	-	TERRITORIO NACIONAL
ZO	-	ZONA DE OPERACIONES





## 1. INTRODUCCIÓN

La protección de la fuerza abarca el conjunto de medidas y medios destinados a minimizar la vulnerabilidad del personal, así como de las instalaciones y del material frente a distintos peligros en diferentes circunstancias. La protección engloba la gestión del espacio de batalla, defensa terrestre, defensa aérea, guerra electrónica, lucha contra artefactos improvisados y defensa nuclear, biológica y química (NBQ) entre otras. (Mando de Adiestramiento y Doctrina (MADOC), Departamento de ciencia militar, 2021)

La preparación de los Ejércitos debe evolucionar al ritmo de los acontecimientos y siempre que sea posible adelantarse a ellos.

Las primeras experiencias en construcción de bases fuera de territorio nacional se remontan a la década de los 90. Al principio, las bases se realizaban con apoyo de empresas locales debido a los extensos movimientos de tierra como en la base "España" en Kosovo, y la base "Miguel de Cervantes" en Líbano. Con el paso del tiempo, las FAS fueron adquiriendo maquinaria más específica y la construcción de la base "Ruy González de Clavijo" en Afganistán supuso un punto y a parte en la historia ya que fue levantada íntegramente por personal militar. Sin embargo, dependieron en gran medida de proveedores e industria local lo que supuso problemas constantes relacionados con el incumplimiento del cronograma establecido respecto a tiempos (resulta muy complicado fijar los plazos globales de ejecución de una obra), costes, parámetros de calidad, adquisición de materiales y la contratación de mano de obra especializada. (NATO, 2015)

Los materiales que se utilizan hoy en día en Zona de Operaciones dependen en gran medida de las capacidades que ofrece el propio país en el que se despliega (capacidad industrial, vías de comunicación, cualificación del personal, número de empresas existentes, etc.). Como la experiencia ha demostrado y se menciona en uno de los artículos de lecciones aprendidas del Regimiento de Especialidades de Ingenieros nº11, "Si se basa todo en la explotación local, hay que asumir que todo se demora. Sería conveniente agilizar los procedimientos de adquisición para reducir los plazos". (Mando de Adiestramiento y Dóctrina (MADOC), 2021, p. 25).

De acuerdo al manual *Experiencias y lecciones sobre infraestructuras en Operaciones* se destaca como material esencial para la protección de las bases las barreras de hormigón. Además de que las unidades de ingenieros deben de disponer de unas capacidades importantes propias entre la que destaca la posibilidad del uso de hormigón en cualquier circunstancia. (Mando de Adiestramiento y Doctrina (MADOC), Departamento de ciencia militar, 2021, pp. 38-48)

Las barreras de hormigón ofrecen muchas ventajas en el ámbito militar debido a su resistencia y seguridad. Son materiales que no requieren de ningún trabajo previo como excavaciones o cimientos para su colocación. Aunque algunos proyectiles si consiguen atravesar estas barreras, la mayor parte de la energía cinética es malgastada en la destrucción de la barrera por lo que su efecto se reduce considerablemente. Sin embargo, en las últimas misiones algunas de las lecciones aprendidas recopiladas se han centrado en la dificultad y lentitud que supone conseguir hormigón que cumpla con ciertos requisitos para garantizar sus propiedades y en la falta de proveedores en ZO. De hecho, en la primera misión española en Afganistán en el año 2002 en el marco de la operación ISAF (Fuerza Internacional de Asistencia a Afganistán), no conocían el proceso de elaboración del hormigón y fueron los propios militares los que les enseñaron y ello favoreció la creación de la primera planta de hormigón local en Afganistán.<sup>1</sup>

Tras la experiencia adquirida, se deduce que existen problemas en los materiales de fortificación de ZO y que una posible solución sería la proyección de maquinaria desde Territorio Nacional (TN).

<sup>1</sup> Información obtenida a partir de las encuestas realizadas a oficiales del ET (Anexo-Encuestas)



“Resulta muy complicado acometer en plazos fijos proyectos complejos mediante explotación local en escenarios como Afganistán donde una empresa es un afgano con un teléfono móvil, sería más recomendable en ciertos casos proyectar la maquinaria desde España”. (Mando de Adiestramiento y Dóctrina (MADOC), 2021, p. 19)



Ilustración 1: Imagen aérea base en Zona de Operaciones Fuente: (Ministère de la Défense, 2011)



## 2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

### 2.1. OBJETIVOS Y ALCANCE

El objetivo general de este trabajo es proponer una o varias soluciones que palíen las consecuencias de la falta de calidad de los materiales y proveedores en zona de operaciones (ZO).

Los objetivos específicos son:

- Analizar la situación actual de los medios de fortificación en ZO.
- Identificar y analizar las deficiencias que presentan los materiales de fortificación en relación con la disponibilidad de proveedores en ZO.
- Identificar las consecuencias de los problemas detectados en cuanto a la seguridad estructural y la protección balística.
- Buscar posibles soluciones y llevar a cabo su evaluación en diferentes factores previamente identificados por personal con experiencia
- Seleccionar la propuesta más adecuada.
- Realizar un estudio en profundidad de la solución.
- Identificar tareas pendientes o futuras.

### 2.2. METODOLOGÍA

La metodología empleada responde a la consecución de los objetivos específicos señalados en el apartado anterior. A continuación, se clasifican en métodos cualitativos y métodos cuantitativos:

- **Métodos Cualitativos:**

En primer lugar para analizar la situación actual de los materiales de fortificación se han revisado manuales a disposición de las Fuerzas Armadas y se ha realizado un análisis de los materiales empleados en la posición de combate avanzada (COP) construida en Darrahibum (Afganistán) en 2011. Se han extrapolado las lecciones aprendidas en esta COP al resto de bases en otras zonas de operaciones (ZO) por sus condiciones extremas a las que posteriormente se harán referencia.

En segundo lugar, para identificar las deficiencias de los materiales, se han realizado encuesta y entrevistas a personal que haya estado desplegado en ZO y se haya encargado del estudio previo o de la construcción de la base. También se han realizado diferentes ensayos tanto en el Regimiento de Ingenieros nº8 de Melilla (RING-8) como en algunas empresas como Instalaza en Zaragoza o la visita a una planta de hormigón en Melilla.

En tercer lugar, para identificar las consecuencias de las deficiencias detectadas se ha recurrido a la normativa actual vigente que rige las construcciones tanto a nivel nacional como en la construcción de bases en el exterior por el mero hecho de considerarse suelo nacional. Se han revisado normativas como el Código Técnico de la Construcción (CTE) y la Instrucción del hormigón estructural (EHE-08).

Por último, se ha realizado un estudio y una evaluación del mercado, tanto a nivel nacional como internacional, en que se han evaluado diferentes empresas del sector de la construcción para poder adquirir la maquinaria precisa. Una vez elegida la empresa correspondiente se ha profundizado sobre el modo de empleo de la maquinaria, gracias a manuales y normativas proporcionadas por la misma.



- Métodos Cuantitativos:**

Se ha realizado una encuesta dividida en dos partes. Ambas partes han contribuido a elegir los requisitos que se valoran de manera positiva en los materiales y en la maquinaria utilizada en zona de operaciones y por lo tanto ayudan a cumplimentar la misión. En la primera parte los sujetos debían contestar de manera cualitativa y en la segunda cada sujeto debía evaluar del 1 al 5 algunos criterios. Una vez obtenidas las entrevistas se ha realizado el método Scoring para saber qué solución se ajustaba más a los requisitos necesarios en ZO.

También se han realizado mediciones in situ del hormigón tanto en el Regimiento de Ingenieros nº8 en Melilla como en la planta de hormigón que se visitó.

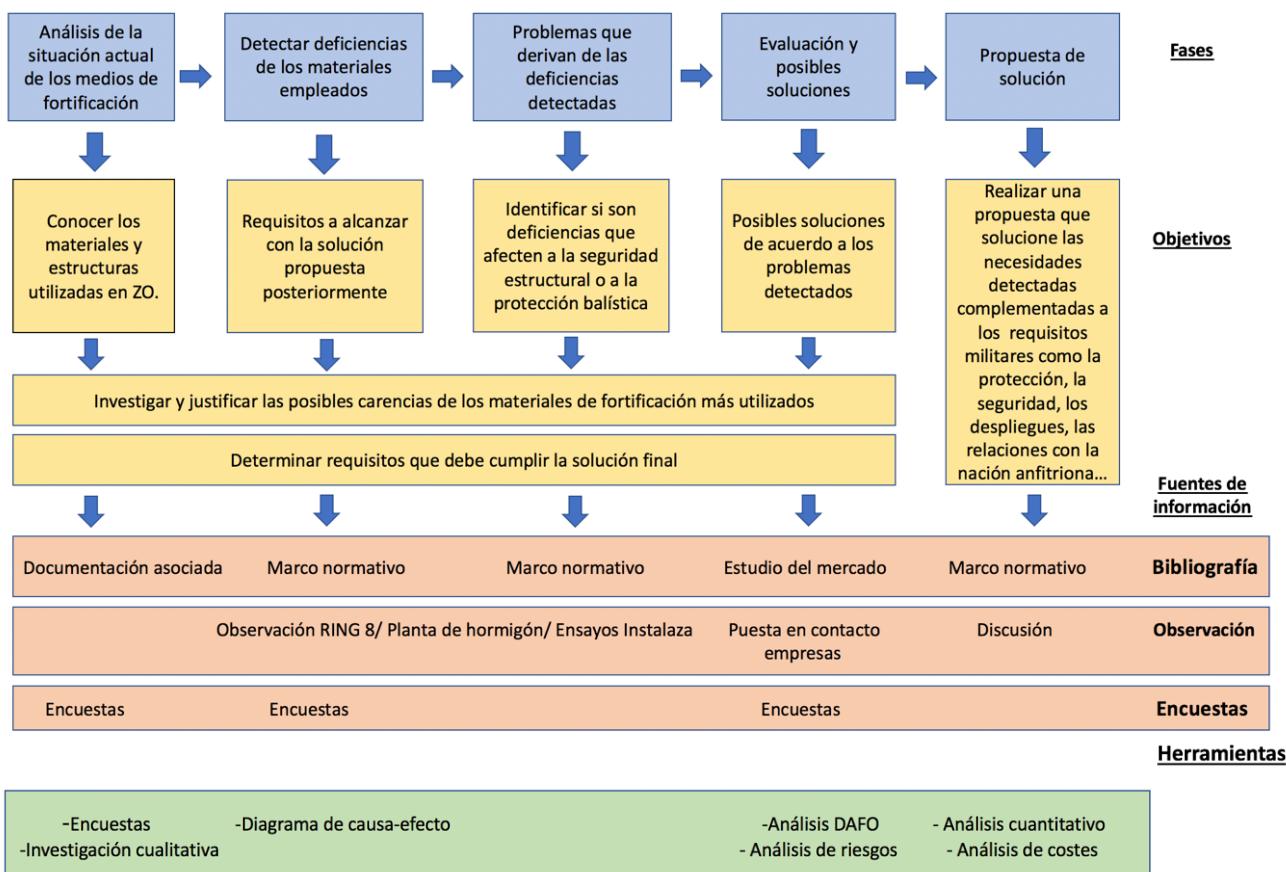


Tabla 1: Figura esquemática sobre la metodología empleada Fuente: Propia



### 3. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO

Algunos de los desafíos a los que se enfrentan el personal y las unidades de Ingenieros cuando se va a realizar la construcción de bases militares en zona de operaciones (ZO) son las condiciones de entrada al teatro de operaciones, la duración de la misión, la disponibilidad de recursos y las demandas en competencia.

Cabe resaltar que cuando un país o una coalición se asienta en un país extranjero previamente autorizado y monitorizado, el territorio que ocupa tendrá consideración de territorio nacional. La aplicación de la normativa española en un país extranjero en el que se lleva a cabo una misión internacional está regulada por los SOFA<sup>2</sup> (Status of forces agreement). Ahí se recogen todas las particularidades de la aplicación de la legislación. Obviamente, depende del tipo de misión y del estado anfitrión. En general, como consecuencia de la firma de un SOFA, a las fuerzas armadas en el extranjero se les continúa aplicando su legislación nacional. Por lo tanto, todas las obras que se realicen y los materiales que se utilicen en una base española deberán cumplir con la normativa vigente española como son el Código Técnico de la Edificación (CTE)<sup>3</sup> y la Instrucción del Hormigón Estructural (EHE-08).<sup>4</sup>

#### 3.1. DESCRIPCIÓN DE UNA POSICIÓN DE COMBATE AVANZADA

En zona de operaciones para mantener las líneas de comunicación, asegurar la libertad de movimientos de todo el personal civil y militar en las rutas y facilitar el movimiento de personas y recursos a lo largo de las mismas se establecen posiciones de combate avanzadas (COP). Las COP,s permiten asegurar la presencia y el dominio efectivo en las zonas del terreno en las que están establecidas, dificultando así las acciones del enemigo sobre las mismas.

Una COP es un destacamento ocupado, normalmente, por Subgrupos Tácticos (S/GT,s) con capacidad de realizar, con carácter general, acciones ofensivas, de apoyo a la seguridad y de apoyo humanitario. Las COP,s se caracterizan por la primacía de la protección de la fuerza sobre la comodidad, lo que limita sus infraestructuras.

La COP se considera una construcción temporal cuyo uso puede oscilar entre los 6 y 24 meses. La COP podría llegar a ser un tipo de construcción desmontable en un momento dado. El criterio fundamental de estas construcciones, desde el punto de vista de la construcción, es que el material debe ser reutilizable ya que podría ser empleado para la construcción de una nueva instalación.



Ilustración 2: Diseño genérico de una COP Fuente: (Mando de Adiestramiento y Doctrina (MADOC), 2020)

<sup>2</sup> Para entender el concepto de las particularidades reguladas por los SOFA, se recomienda la lectura del SOFA de Mali relativo a la Unión Europea, disponible en [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=OJ:JOL\\_2013\\_106\\_R\\_0001\\_01&from=EN](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=OJ:JOL_2013_106_R_0001_01&from=EN) , a la Organización de las Naciones Unidas (ONU) disponible en <https://www.un-ilibrary.org/content/books/9789210477161s002-c024/read> y relativo a la OTAN disponible en [https://www.nato.int/cps/en/natohq/official\\_texts\\_17265.htm](https://www.nato.int/cps/en/natohq/official_texts_17265.htm). Se recomienda leer capítulo "Consideraciones sobre los Estados de las Fuerzas Armadas en Actividades Internacionales" p. 101 disponible en [https://www.ieee.es/en/Galerias/fichero/cuadernos/CE\\_94\\_EstatutosFAS.pdf](https://www.ieee.es/en/Galerias/fichero/cuadernos/CE_94_EstatutosFAS.pdf)

<sup>3</sup> El Código Técnico de la Edificación es el marco normativo que establece las exigencias que deben cumplir los edificios en relación a los requisitos de seguridad y habitabilidad (Instituto de Ciencias de la Construcción, 2020). Se recomienda la lectura de la página oficial del Código Técnico de la Edificación en cuánto a la presentación de la normativa y sus marcos legales , disponible en <https://www.codigotecnico.org>.

<sup>4</sup> Instrucción del hormigón estructural (EHE-08) versión en castellano por capítulos, disponible en <https://www.mitma.gob.es/organos-colegiados/mas-organos-colegiados/comision-permanente-del-hormigon/cph/instrucciones/ehe-08-version-en-castellano>. En el BOE de 10 de agosto se publica el Real Decreto 470/2021, de 29 de junio, por el que se aprueba el Código estructural, que contiene la reglamentación sobre las estructuras de hormigón y de acero. Por ello queda derogada la instrucción de hormigón estructural (EHE-08)Disponible el enlace de publicación en el BOE:(Boletín Oficial del Estado (BOE), 10 de agosto de 2021) y resumen derogaciones y disposición final de la normativa en (Colegio Oficial de Arquitectos en Galicia, 2021) Asimismo, para este trabajo no ha sido relevante y a esperas de publicar el nuevo código estructural se basará el estudio en la EHE-08.



## 3.2. MATERIALES EMPLEADOS

A continuación, se van a analizar los materiales que se utilizaron en la construcción en 2011 de la COP ubicada en la región de Darrahibum (Afganistán). Este apartado está enfocado principalmente en esta zona ya que cuando el contingente español se desplazó por primera vez a Afganistán, este país estaba devastado por la guerra, era una misión de reconstrucción totalmente. El paisaje en el que se desarrollaron las misiones era montañoso lo que aumentaba así la dificultad sobre todo en aspectos logísticos. Se llevaron a cabo numerosos reconocimientos de la zona ya que los ataques de la insurgencia eran frecuentes, existía una división étnica de la sociedad muy amplia lo que dificultaba la cooperación con la población civil a lo que se añadía un idioma ininteligible. Incluso el primer contingente español que llegó a la zona no contaba con un corredor seguro desde el aeropuerto de Kabul que permitiese la llegada de suministros y material a la zona. Las lecciones aprendidas de esta zona se pueden extraer a otros teatros de operaciones por su inmensa complejidad.

En 2011, se llevó a cabo el estudio de ejecución de una COP tipo compañía reforzada (200 personas máximas) en Darrahibum (Afganistán) con motivo del continuo avance de las unidades de la Fuerza Internacional de Asistencia para la Seguridad (ISAF) que participó en la guerra contra los grupos insurgentes del país a lo largo de la provincia de Bagdhis. La COP establecería su ocupación de manera temporal.

A la hora de establecer la nueva COP se tuvo en cuenta la amenaza existente por parte de la insurgencia y la naturaleza del terreno, las cuáles condicionarían en gran medida los trabajos de fortificación.

Sobre la estructura de la COP construida en Darrahibum, se exponen las diferentes zonas y los diferentes materiales utilizados en cada una, así como las principales propiedades de estos, que se utilizaron de cara a la fortificación y protección de la estructura y el personal.

### 3.2.1. DEFENSA PERIMÉTRICA

El material empleado en la defensa perimétrica fueron los gaviones. Los gaviones son contenedores con mallas soldadas que por sus características son diseñados para períodos de larga duración y resistencia. Los gaviones permiten la construcción de muros efectivos y versátiles. Hoy en día se han convertido en una solución rápida para la construcción de grandes muros de protección. La principal ventaja de este material es la facilidad logística que ofrece el material de relleno (arena) ya que se suele encontrar en el mismo sitio de su colocación. Es un material plegable y fácilmente transportable. Se puede configurar manualmente sin la ayuda de una grúa, aunque resulta más rentable y más rápido empleando maquinaria.

Actualmente el Ejército de Tierra cuenta con dos tipos de gaviones: Hesco-Bastion y Defencell. El gavión tipo Defencell carece de enrejado metálico ya que es más pequeño y por tanto ofrece prestaciones complementarias al Hesco-Bastion. La principal diferencia entre ambas radica en su empleo; el Hesco-Bastion configura los muros perimetrales como elemento de protección mientras que el Defencell se suele usar para el perímetro de elementos puntuales como un punto de entrada.



Ilustración 3: Defencell Fuente: (Defencell, 2021)

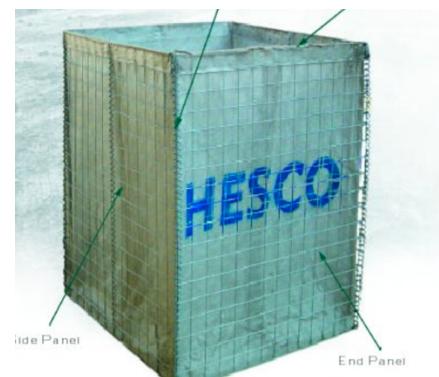


Ilustración 4: Hesco-Bastion Fuente: (Hesco, 2021)



El Hesco-Bastion cuenta con una malla soldada de acero galvanizado. Tiene una forma de cesta hexagonal que permite la unión entre varias y están forradas en su interior con geotextil. Existen diferentes tipos de Hesco dependiendo de su configuración:

Tipo	Altura(m)	Anchura(m)	Longitud(m)	Número de celdas
<b>HESCO MIL 1</b>	1,10	1,06	10,00	9
<b>HESCO MIL 2</b>	0,6	0,60	1,22	2
<b>HESCO MIL 3</b>	1,00	1,00	10,00	10
<b>HESCO MIL 4</b>	1,00	1,50	10,00	15
<b>HESCO MIL 5</b>	0,61	0,61	3,05	5
<b>HESCO MIL 6</b>	1,68	0,61	3,05	10
<b>HESCO MIL 7</b>	2,21	2,13	27,70	13
<b>HESCO MIL 8</b>	1,37	1,30	10,00	8
<b>HESCO MIL 9</b>	1,00	0,762	9,14	12
<b>HESCO MIL 10</b>	2,13	1,52	30,05	19

Tabla 1:Tipos de Hesco Bastion Fuente: (Defence, 2021)

La efectividad táctica de los muros se basa en gran parte en que el relleno del gavión esté bien compactado ( ofrece una mejor protección la grava seca y triturada que la tierra o la arena) y sea de calidad. Debe de tenerse en cuenta que en muchas ocasiones no se va a contar con material de relleno de calidad, por lo tanto, el rendimiento de este material se verá afectado. En cuanto a su configuración; estas estructuras colocadas en un solo espesor (1 m de ancho) ofrece protección contra todos los impactos de pequeño calibre desde 5,56 mm hasta 14,5 mm perforantes o proyectiles de 20 mm; un doble espesor de gaviones proporciona protección contra municiones con un calibre superior a 82 mm. (Defence, 2021)

En este caso la COP contaba con un muro perimetral de Hesco-Bastión doble-simple. La base del muro estaría compuesta por módulos de Hesco-Bastion de 2,13 x 1,53 m y la parte superior por módulos de Hesco-Bastion de 1,37 x 1,30 m. Sobre estos módulos se colocaría una alambrada rápida sencilla.

### 3.2.2. REFUGIOS

Los elementos prefabricados son cada vez más frecuentes en la construcción de bases debido a las grandes ventajas con las que cuentan. Estas estructuras ofrecen un alto nivel de protección. Generalmente estos elementos están fabricados con hormigón y permiten así la combinación con otros materiales como acero para aumentar sus capacidades. Los elementos prefabricados permiten crear una edificación de cualquier tamaño con una larga durabilidad. Pueden ser transportados directamente o bien realizados con moldes a partir de hormigón in situ.



Ilustración 5: Molde estructura prefabricada Fuente: (Cuartel General del Mando de Ingenieros, 2018)



Ilustración 6: Hormigonado moldes Fuente: : (Cuartel General del Mando de Ingenieros, 2018)

Actualmente estos elementos se están utilizando en las estructuras de garitas, torres de vigilancia (prefabricados tubulares de hormigón), perímetros de elementos puntuales (T-Wall enfrentados), refugios sobre la base de prefabricados de hormigón T-Wall y abrigos enterrados construidos en base a marcos de hormigón prefabricados. (Cuartel General del Mando de Ingenieros, 2018)



Ilustración 7: Torre de vigilancia con prefabricados tubulares de hormigón



Ilustración 8: Transporte T-Wall



Ilustración 9: T-Wall enfrentados



Ilustración 10: Abrigo enterrado en base a prefabricados



Ilustración 11: Refugio con T-Wall y cubierta de hormigón

En este caso, teniendo en cuenta que había que proporcionar refugio a la totalidad del personal, se construyeron diferentes refugios con distintas dimensiones. Todos ellos en base a módulos de hormigón armado (prefabricados tipo T-Wall) con protección vertical de Hesco-Bastion.

### 3.2.3. ZONA DE MANDO

La zona de mando se realizará en base a tiendas Utilis tipo TM36 (Ver ilustración 10) y TM54 con protección vertical de prefabricados tipo YERSEY de 3 m de altura.

### 3.2.4. ZONA DE VIDA



Ilustración 8: Contenedores de vida  
Fuente: (Cuartel General del Mando de Ingenieros, 2018)

El uso de contenedores de vida es habitual en operaciones en el extranjero ya que se han convertido en una solución versátil y eficiente. Se emplean principalmente como dormitorio, cocina, oficina, aseo e incluso como almacenaje. Se caracterizan principalmente por su fácil y rápido montaje. Estos contenedores se encuentran protegidos contra incendios sin embargo su protección balística es muy limitada. Cabe destacar que los contenedores cuentan con dos chapas (interior y exterior) de 0,5 mm de espesor mínimo y un alma intermedia de poliuretano expandido.

En esta COP, la zona de descanso se realizó en base a tiendas Utilis TM36 con protección de prefabricados tipo YERSEY de 3m de altura. Las duchas, el WC, la cocina y el almacén de cocina se realizaron en base de contenedores. Debido a su capacidad balística baja, estos contenedores contaban con la protección de prefabricados tipo YERSEY a su alrededor.



Ilustración 9: Tiendas Utilis TM36 Fuente: (Cuartel General del Mando de Ingenieros, 2018)



### 3.3. ANÁLISIS DE LOS DATOS RECOLGIDOS

A partir del apartado anterior, se puede concluir que la mayor parte de las estructuras de la COP se fabricaron en base a elementos prefabricados de hormigón y gaviones. Las tendencias actuales y futuras en la fortificación siguen precisamente esa línea.

Para completar la información y determinar qué problemas fueron detectados en ZO relacionados con los elementos prefabricados y los gaviones, se realizó una encuesta a personal que había estado presente en la construcción o en el estudio de alguna COP. La encuesta se puede encontrar al final en el **Anexo 1-Encuestas**. También se incluye información de experiencias y lecciones sobre infraestructuras en operaciones.

En dicha encuesta, la finalidad de las preguntas fue averiguar las principales dificultades que presentaban los materiales de fortificación. En la encuesta se incidió en la facilidad de transporte que ofrecen los materiales, la fiabilidad de los elementos adquiridos en zona local, la calidad de estos, los tiempos a la hora de adquirirlos, la autonomía de medios del propio contingente, el coste aproximado de los materiales etc.

Se expone a continuación un diagrama de causa-efecto en el que se presenta el problema a analizar “Defectos en el hormigón” y numerosas líneas que según las personas participantes en el análisis del problema han detectado como causas. Posteriormente se han clasificado en diferentes grupos, siendo estos los siguientes: métodos, materiales, medio ambiente, maquinaria, mano de obra y mantenimiento.

- **Mantenimiento:** Escaso mantenimiento de la maquinaria obtenida en zona local e instalaciones por lo que presentan averías de manera habitual. Personal local poco cualificado y poco profesional por lo que la mayoría de máquinas están inoperativas. No se suelen pasar inspecciones temporales de la maquinaria.

- **Métodos:** En ZO (Afganistán, Líbano e Irak) no existe ningún tipo de normativa que regule la ejecución y el control del hormigón (Pliegos de Prescripciones técnicas). Este hecho provoca la ralentización de las tareas, por ejemplo, en Afganistán en 2011 se desconocía por completo la existencia del hormigón por lo que los militares españoles tuvieron que enseñarles y de hecho así se creó la primera planta de hormigón en la provincia de Qala-e-Naw. Este tipo de hechos, provocaban el incumplimiento del cronograma estimado de trabajos también.

Cuando se despliega en ZO, si no se ha llevado a cabo un reconocimiento previo al despliegue de las fuerzas se desconoce la posibilidad de obtener ciertos materiales de construcción como cemento o grava, la maquinaria disponible que se puede alquilar, la posibilidad de captación de aguas, los proveedores disponibles... Cuánto más completos sean los reconocimientos, se podrá estimar mejor los plazos de tiempo para finalizar las obras.

- **Materiales:** Cómo se ha mencionado al inicio de la memoria, la base española en Darrahibum (Afganistán) es territorio español por lo que todas las obras y materiales que se requieran deberán cumplir con la normativa vigente española. En ZO no suele existir un código técnico ni un código de la edificación que marque las pautas a la hora de adquirir material o realizar una construcción. En ZO se desconocía por completo la normativa española por lo que resultaba muy complicado conseguir hormigón con el que se pudiese trabajar.

Las dosificaciones de los materiales no se cumplían y algunas características del hormigón que se precisaban, como la consistencia o la resistencia a compresión, no eran las esperadas.

Se destacan dos casos en los que un T-Wall al ser alcanzado por un proyectil, se fragmentó quedando visibles las armaduras y verificando que su diámetro no se correspondía con su uso. Los precios de los materiales eran muy elevados en ZO por tratarse de la venta a un contingente extranjero.

- **Medio ambiente:** No existe legislación aplicable en materia ambiental en ZO. No obstante tampoco es relevante dado que se antepone la seguridad de la base.



• **Maquinaria:** En primer lugar, el coste del alquiler de maquinaria en ZO fluctuaba constantemente. No se contaba con un precio fijo de la maquinaria. En segundo lugar, muchas de las máquinas estaban inoperativas (presentaban averías por falta de mantenimiento), por lo que se producían demoras incluso de días hasta que los operadores llevaban el hormigón hasta la base. Las máquinas que funcionaban eran arcaicas por lo que la capacidad de trabajo era baja. El abastecimiento desde las plantas de hormigón más cercanas a ZO como en Líbano era discontinuo por lo que generaba horas muertas entre el personal militar.

• **Mano de obra:** La instrucción de los operarios de las máquinas era nula (problemas para suministrar hormigón desde la cuba, riesgos relacionados con la seguridad del trabajo, etc.). Los operarios desconocían las tareas de suministro de hormigón. Se destaca la impuntualidad de los operarios, lo que retrasaba el cronograma temporal de tareas. Las empresas locales por lo general carecen de una cualificada mano de obra y dirección técnica.

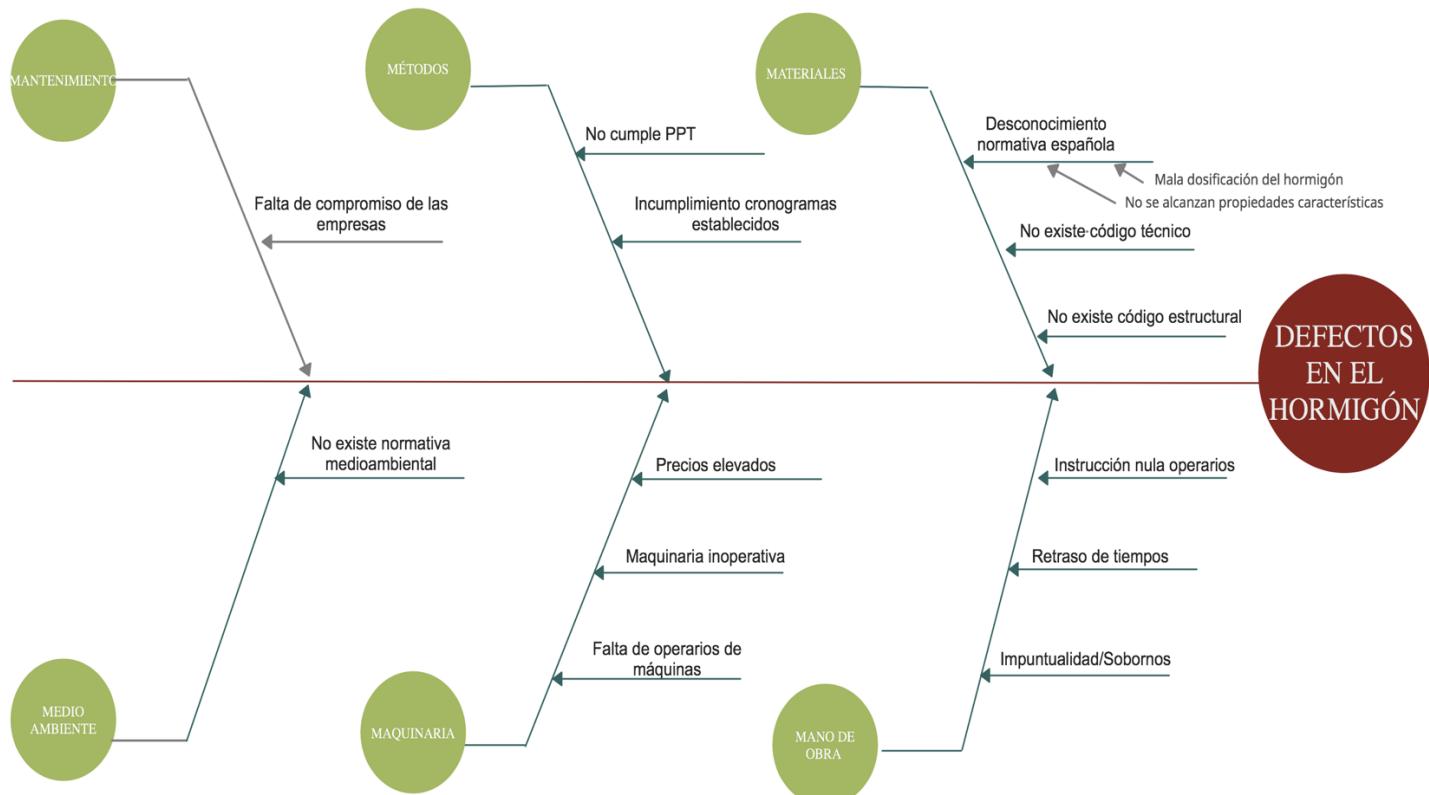


Ilustración 10: Diagrama Causa-Efecto Defectos en el hormigón Fuente: Propia

En cuanto a la evaluación de los gaviones en ZO, nadie de los encuestados destaca relevantes problemas. En general, es un material con un buen desempeño, de hecho los encuestados destacan la eficacia de los gaviones (Hesco-Bastion) tras ser alcanzados por proyectiles. A partir de este punto se abandona el estudio de mejora de los gaviones y se centra el análisis en el hormigón.



## 4. DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS

A continuación, se presenta un análisis de los principales problemas que derivan de la falta de calidad de las estructuras prefabricadas según las encuestas y las entrevistas personales realizadas. Posteriormente, se proponen y se comparan varias soluciones que erradicarían o minimizarían los defectos detectados.

### 4.1. PROBLEMAS DE LOS MATERIALES EN ZO

Como resultados de las entrevistas destacamos los dos problemas más relevantes y se procede a analizar la razón de ellas:

- El fallo de las barreras de protección tras ser alcanzadas por proyectiles.
- La falta de consistencia y resistencia a compresión del hormigón en otras aplicaciones.

Se propone analizar estos problemas englobados en dos grandes ámbitos; protección balística y protección estructural.

#### 4.1.1. FALLO DE LAS BARRERAS DE PROTECCIÓN TRAS SER ALCANZADOS POR PROYETILES

En el ámbito de defensa, siempre ha existido un gran interés por el uso de materiales como barreras de protección, lo que ha motivado el estudio del impacto de proyectiles sobre ellos. A lo largo de la historia, se han desarrollado proyectiles cada vez más potentes que son capaces de superar toda barrera de protección, al igual, que se han diseñado barreras de protección capaces de resistir la penetración de esos proyectiles.

Una parte muy importante que resulta fundamental en la elección de materiales de fortificación es la determinación de los riesgos posibles ligados al enemigo al que se va a enfrentar una fuerza. Se analiza en qué condiciones y frente a qué riesgos el material debe responder. En función de la amenaza, se elegirá el material más idóneo para minimizar los efectos ante un posible ataque.

La evaluación de la amenaza hace referencia a los efectos destructores de las municiones en las infraestructuras. Estos efectos varían según:

- La clase de munición empleada
- Las características del sistema de armas
- Los elementos de la infraestructura afectada y su umbral de resistencia.

Con el objetivo de simplificar la gran variedad de materiales de fortificación que existen hoy en día, se ha centrado el estudio en los materiales principales utilizados en la base de Afganistán con la función de barrera de protección. Estos materiales son las estructuras en base a hormigón y gaviones.

Existen diferentes tipos de hormigón, entre los que pueden destacar el hormigón de alta resistencia<sup>5</sup>, el cuál mejora sus resistencias a determinados esfuerzos. Sin embargo, el tipo de hormigón que se está utilizando hoy en día en ZO es el hormigón armado tradicional.

El hormigón armado tradicional debido a su alta resistencia y densidad, presenta una oposición aceptable a ser penetrado por proyectiles. A pesar de ello, en el hormigón tradicional debido a su baja resistencia a tracción, cuando es alcanzado por un proyectil se producen desprendimientos tanto en la zona de entrada como en la zona de salida del mismo. El cráter que el proyectil ocasiona en el frente impactado se denomina *spalling* mientras que el cráter que puede originar en la cara trasera del blanco se

<sup>5</sup> El hormigón de alta resistencia actualmente se solicita en la construcción de estructuras que requieran altas prestaciones e índices de resistencia y durabilidad muy elevados. Este hormigón tiene mayor resistencia a compresión, corrosión y abrasión lo que mejora entre otros aspectos su protección. (CEMEX, 2021)



denomina *scabbing*. Este último representa un serio problema<sup>6</sup> ya que es el responsable de provocar daños tanto en el personal como en los equipos que se pudieran encontrar en el interior de las estructuras. Por lo tanto, el material ideal a utilizar debería ser capaz de evitar el fenómeno *scabbing*.

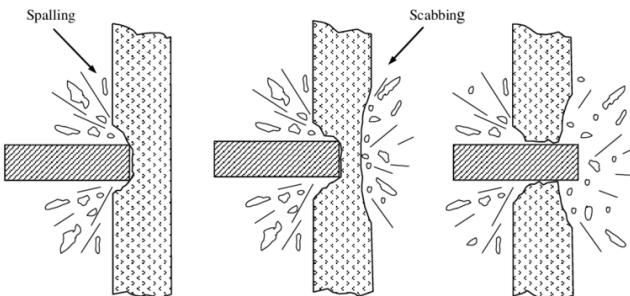


Ilustración 11: Efectos de proyectil en el hormigón. Fuente: Asignatura Fortificación 5ºEMIEO

Se procede a analizar los motivos por los que puede fallar el hormigón. Los impactos de proyectiles sobre estructuras de hormigón suelen estar definidos. La forma en la que el hormigón falla depende de:

- La resistencia mecánica del hormigón.
- La presión dinámica del impacto, traducida en momentos flectores y esfuerzos cortantes que necesitan ser absorbidos por las armaduras.
- La resistencia al impacto del hormigón.
- La velocidad del proyectil y el ángulo de incidencia medido respecto a la superficie del hormigón.<sup>7</sup>
- La masa y forma geométrica del proyectil.

La **resistencia mecánica** del hormigón es la capacidad de este para aguantar las cargas a las que está solicitado sin romperse ni agrietarse. Esta propiedad está relacionada con la dosificación de los materiales que lo conforman, es decir las proporciones de los diferentes componentes del hormigón. Los componentes del hormigón son el cemento, el agua, los áridos y los aditivos. Además, el control de los componentes debe estar a disposición de la Dirección de Obra en todo momento.<sup>8</sup>

En la instrucción del hormigón estructural (EHE) aprobada por Real Decreto 2661/1998, de 11 de diciembre, (...) se establecen los requisitos a tener en cuenta en el proyecto y ejecución de estructuras de hormigón, tanto de edificación como de ingeniería civil, con el objeto de lograr los niveles de seguridad, tanto de edificación como de ingeniería civil adecuados a su finalidad. (Ministerio de Fomento, 2010)

- Cementos<sup>9</sup>

En esta tabla, se exponen las limitaciones de uso establecidas referentes al tipo de hormigón que se use. En el caso de elementos prefabricados como es el caso de las estructuras en ZO, resulta

<sup>6</sup> Actualmente para disminuir los efectos en el orificio de salida, se está utilizando un material denominado poliurea. La poliurea es un tipo de polímero sintético que puede alcanzar grandes elongaciones y presenta una alta resistencia a la abrasión, como consecuencia su uso como recubrimiento de protección es muy extendido. Su uso aumenta la protección frente a proyecciones de metralla, detonaciones próximas e impactos de bala.

<sup>7</sup> Tanto en hormigones como en rocas duras, si el ángulo de incidencia del proyectil con respecto a la superficie es entre 0º a 45º se produce un rebote seguro, si es de 45º a 60º puede rebotar pero no es seguro y si es de 60º a 90º se produce una penetración sin rebote.

<sup>8</sup> En el Capítulo XV-Control de los Materiales, Artículo 81- Control de los componentes del hormigón se establece el control que debe ejecutarse durante la fabricación y recepción en obra del hormigón (Ministerio de Fomento, 2010)

<sup>9</sup> En el Capítulo VI-Materiales de la Instrucción de Hormigón Estructural, Artículo 26-Cementos se establecen las condiciones necesarias, las precauciones y las recomendaciones para la utilización permitida de los cementos en función del tipo de hormigón. (Ministerio de Fomento, 2010)



conveniente que el cemento posea las características adecuadas con el fin de conseguir un rápido fraguado y endurecimiento.

Tipo de hormigón	Tipo de cemento
Hormigón en masa	Cementos comunes excepto los tipos CEM II/A-Q, CEM II/B-Q, CEM II/A-W, CEM II/B-W, CEM II/A-T, CEM II/B-T y CEM III/C Cementos para usos especiales ESP VI-1
Hormigón armado	Cementos comunes excepto los tipos CEM II/A-Q, CEM II/B-Q, CEM II/A-W, CEM II/B-W, CEM II/A-T, CEM II/B-T, CEM III/C y CEM V/B
Hormigón pretensado	Cementos comunes de los tipos CEM I y CEM II/A-D, CEM II/A-V, CEM II/A-P y CEM II/A-M(V,P)

Tabla 2: *Tipos de cemento utilizables. Fuente: EHE-08*

- Aguas<sup>10</sup>

El agua se utiliza tanto para el amasado como para el curado del hormigón en obra. El agua no debe contener ningún ingrediente que afecte a las propiedades del hormigón o bien a la protección de las armaduras frente a la corrosión. Se recomienda llevar a cabo un análisis del agua tomándose muestras según la UNE 83951.

- Áridos<sup>11</sup>

Las características de los áridos deben permitir alcanzar una adecuada resistencia y durabilidad del hormigón. Deberán cumplir las especificaciones técnicas reguladas en la norma europea armonizada EN 12620 “Áridos para Hormigón”. En esta norma, se especifican los cálculos oportunos para designar áridos, los tamaños máximos y mínimos y la granulometría entre otros.

En resumen, en esta tabla se puede apreciar que cualquier modificación de los componentes del hormigón afectan directamente a la resistencia mecánica del hormigón y por tanto a su protección balística:

Aumenta...	Resistencia mecánica
La finura de la arena	Disminuye
La relación grava/arena	Aumenta
La cantidad de agua	Disminuye
El tamaño máximo del árido	Aumenta
El contenido de aire ocluido	Disminuye

Tabla 3: *Resumen efectos componentes hormigón Fuente: Propia*

La **resistencia al impacto** es la capacidad que tiene el hormigón para la absorción de la energía cinética. Para cuantificar esta propiedad, se llevan a cabo numerosos ensayos en laboratorios. Se tiene constancia a partir de las encuestas realizadas de que en la *Base Gran Capitán en Besmayah* (Irak) y en la *COP Bernardo de Galvez en Ludina* (Afganistán) los ingenieros tenían que taladrar con un martillo de demolición los prefabricados de hormigón para ver y medir las armaduras constantemente ya que en un incidente las consecuencias en estas barreras no fueron las esperadas.

<sup>10</sup> En el Capítulo VI-Materiales de la Instrucción de Hormigón Estructural, Artículo 27-Agua, se establecen las condiciones del agua que puede emplearse tanto para el amasado como para el curado del hormigón en obra. (Ministerio de Fomento, 2010)

<sup>11</sup> En el Capítulo VI-Materiales de la Instrucción de Hormigón Estructural, Artículo 28- Áridos, se establecen las características que deberán alcanzar los áridos para la adecuada resistencia y durabilidad del hormigón que con ellos se fabrica. (Ministerio de Fomento, 2010)



Al no disponer de informes de estos hechos en ZO, se propuso a una empresa realizar unas pruebas para certificar cómo influye el espesor y las armaduras del hormigón en la absorción de la energía cinética tras el impacto de un proyectil. Durante el mes de julio la autora tuvo la oportunidad de asistir a unos ensayos realizados por la empresa privada española “Instalaza” (Instalaza S.A., 2021) en el polígono India ubicado dentro del campo de maniobras de “San Gregorio”<sup>12</sup> en Zaragoza. Estas pruebas consistieron en observar los efectos producidos por un cohete de 90 mm (C-90) en muros de hormigón con diferentes espesores y diferente armado, así como en otros materiales de fortificación como los sacos terreros.

La razón por la que los efectos del C-90 en materiales de fortificación es interesante radica en las características técnicas de este sistema de armas. En concreto, el C90 es un sistema de armas de calibre de 90 mm de carga hueca<sup>13</sup>, con un alcance eficaz de 350 m contra objetivos concretos y de 700 m contra objetivos de área. Puede estar compuesto por diversas municiones como contra-carro, doble propósito, anti-búnker y fumígeno.

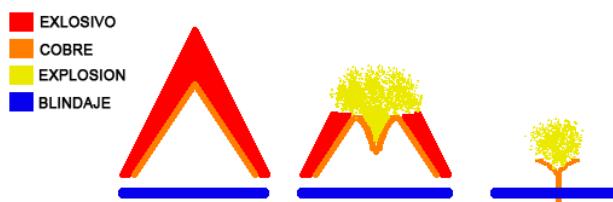


Ilustración 12: Proyectil carga hueca Fuente: Asignatura Fortificación 5º EMIEO

A continuación se muestran los efectos del proyectil sobre un muro de hormigón armado:



Ilustración 13: Efectos sobre blanco de hormigón armado HA-25 Fuente: Instalaza

Los parámetros modificados de izquierda a derecha (Ver ilustración 13):

Espesor hormigón (mm)	Diámetro armaduras (mm)
160	8
250	10
300	12

Tabla 4: Parámetros que se modificaron en los ensayos Fuente: Propia

<sup>12</sup> En 1986, el Ministerio de Defensa autoriza la instalación del Laboratorio Balístico de Instalaza S.A. en el campo de maniobras de San Gregorio. En este laboratorio se realizan ensayos de armamento y munición además de pruebas e inspecciones de validación de estos. Instalaza S.A. cuenta con equipos de última generación como blancos fijos y móviles y cámaras de alta velocidad entre otros. (Instalaza S.A., 2021)

<sup>13</sup> En una carga hueca, al producirse la detonación del explosivo, el recubrimiento cónico colapsa proyectando un chorro metálico gran velocidad junto con una cola a menor velocidad en dirección opuesta. La capacidad de perforación del chorro aumenta con su longitud y densidad respecto de la del material que pretende perforar (Ver ilustración 10)



En todos los ensayos, el proyectil C-90, no sólo penetró el muro, sino que lo perforó. Instalaza garantiza una penetración segura de 250-300 mm. Sin embargo, es evidente que las dimensiones del orificio de salida (scabbing) variaron. Esta diferencia es directamente proporcional tanto a las dimensiones del muro de hormigón como a los diámetros de las armaduras que se utilizan.

También destacar que el efecto de los impactos repetidos en obras de hormigón depende de la efectividad de las armaduras ya que son las que se encargan de mantener el material roto en su lugar. En toda obra al exterior, las armaduras deben de estar colocadas cerca de la superficie expuesta y ancladas hacia el interior de la losa para que los fragmentos de hormigón sean retenidos y pueda resistir posteriores impactos.

La razón por la que los espesores del hormigón oscilan entre los 160-300 mm en todas las pruebas es que las dimensiones de los principales prefabricados de hormigón que se utilizan en ZO y que por lo tanto marcan las pautas a la hora de realizar los ensayos por parte de las empresas.

Tipo	Altura (m)	Base (m)	Grosor (mm)	Peso(toneladas)	Utilidad
Jersey	0.82-1.15	0.85	300	2	-Control tráfico -Detención acceso a áreas
Texas	2.030-3.66	1.05	225	6	-Protección media -Construcción de bases militares
Alaska (T-Wall)	3.1-3.66	1.39	225	7	-Protección pesada -Construcción de bases militares -Anti-explosiones
Bunker	1.83	2.27	200	8	-Vigilancia -Protección pesada
Torres de vigilancia	4.57-8.54	2.5	200	Depende diseño	-Vigilancia -Protección ligera

Tabla 5: Estructuras prefabricadas tipo Fuente: Propia

También, se realizaron pruebas sobre sacos terreros. Los resultados de estos ensayos han demostrado que una estructura construida y rellenada perfectamente con arena, aumenta la supervivencia del personal. La arena en los sacos terreros disipa fácilmente la energía cinética del proyectil C-90, por eso a pesar del impacto, la estructura de fortificación resistió. Este resultado se puede extraer a los gaviones de Hesco-Bastion. En las encuestas el personal confirmó que los hescos resultan barreras muy eficaces y que en pocas ocasiones habían fallado.



Ilustración 14: Efectos sobre sacos terreros Fuente: Instalaza

Por lo tanto, se puede ver de forma experimental, la importancia de llevar a cabo un estudio previo en los materiales a utilizar en ZO acorde con la amenaza a la que se exponen. Dependiendo de esta amenaza, los materiales deben de cumplir ciertos requisitos por lo que resulta fundamental que una vez que un contingente se encuentre en el teatro de operaciones cuente con unos materiales aptos y que anteriormente hayan superado ciertas pruebas.

#### 4.1.2. FALLO DE CONSISTENCIA Y RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN EN OTRAS APLICACIONES

Se exponen los casos en ZO en los que se detectaron una falta de consistencia justificada con un ensayo de asentamiento del cono de Abrams y un hormigón con una baja resistencia a compresión medido con un esclerómetro.

- Cono de Abrams <sup>14</sup>

Este ensayo nos permite determinar la **consistencia del hormigón**. Se realiza según la norma UNE EN 12350-2. La consistencia del hormigón es la capacidad que tiene el hormigón fresco para fluir y como consecuencia ocupar todos los huecos del encofrado o molde en el que se vierte. (UNE, 2020)

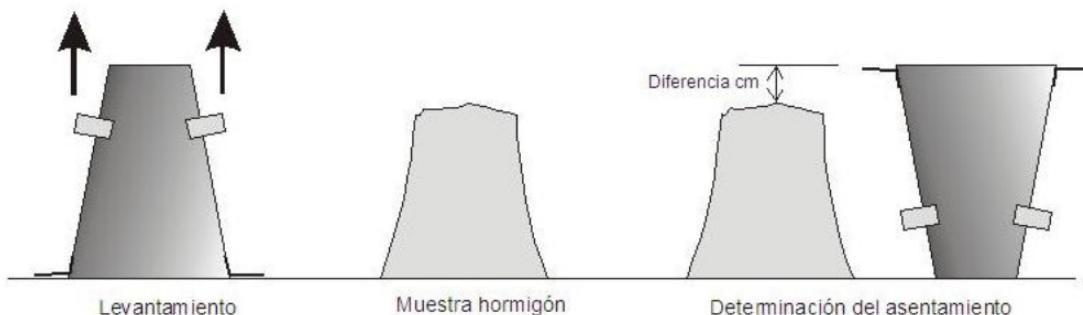


Ilustración 15: Método del Cono de Abrams Fuente: (Programa de Afiliados de la Construpedia, s.f.)

Normalmente, en todas las obras se realizan una o dos pruebas de cono de Abrams del hormigón que se está suministrando en diferentes fases del proceso de hormigonado. En una de las obras con hormigón HA-25<sup>15</sup> que se realizaron en la Base Gran Capitán en Besmayah (Irak) la sección de

<sup>14</sup> El cono de Abrams consiste en llenar un molde metálico troncocónico de unas dimensiones normalizadas colocado sobre una chapa metálica. Se sujetó firmemente el molde sobre la chapa y se procede a llenarlo. Una vez lleno, se retira el hormigón sobrante y se ensara con la línea de la base superior. Seguidamente, se levanta el molde en dirección vertical, se coloca el molde al lado de la muestra de hormigón y se procede a medir la diferencia de altura entre la altura del molde y el punto más alto del hormigón. Este ensayo permite evaluar el grado de consistencia del hormigón fresco. Este método se suele realizar con mucha frecuencia ya que no requiere de equipos costosos y es sencillo.

<sup>15</sup> HA-25 es un indicativo utilizado para hacer referencia al hormigón armado. En este caso 25 es la resistencia característica del hormigón en N/mm<sup>2</sup>. Es decir, el hormigón utilizado en este caso tiene una resistencia mínima de 25 N/mm<sup>2</sup>.



construcción realizó un ensayo de asentamiento del cono de Abrams, puesto que en las obras que se habían realizado el día anterior el hormigón presentaba el siguiente aspecto:



Ilustración 16: Aspecto de la obra realizada en Irak Fuente: RING 8

Además de falta de vibrado<sup>16</sup>, la consistencia del hormigón había sido inadecuada y por lo tanto el hormigón no había llegado a recubrir la armadura. Dados los hechos, se realizó otra prueba con el hormigón suministrado el día posterior. Se registró el asentamiento redondeando a los 7 cm. Al no disponer de información para avalar este hecho y por lo tanto sacar conclusiones, se procede a estudiar otro ensayo realizado en un laboratorio con el mismo tipo de hormigón.

A continuación, en el **Anexo-Informes** se puede encontrar un análisis de laboratorio de un hormigón armado de una resistencia mínima de 25 N/mm<sup>2</sup> (HA-25) proporcionado por la planta de hormigón “Calmi” en Melilla. Se puede ver en el informe como se realizaron dos pruebas del asentamiento del cono de Abrams. En ambos se obtuvo un resultado de 10 cm. También se destaca que la resistencia aproximada media en 7 días es de 23,9 Mpa y la resistencia media de 28 días es de 30,1 Mpa.

A la vista de los resultados, se confirma lo esperado: el hormigón analizado por el laboratorio cumple con la normativa vigente ya que las resistencias obtenidas son superiores a las requeridas. Retomando el caso anterior ocurrido en Irak, el resultado del ensayo era inferior a la obtenida en el ensayo realizado por la planta de hormigón Calmi, por lo que el hormigón suministrado en Irak seguramente no cumplía con la resistencia media a los 28 días que se exige y por tanto no cumplía con la normativa vigente.

Cabe destacar que en Irak, únicamente había un contratista al que la autoridad iraquí concedía la acreditación de seguridad para entrar en la base, que era, por tanto, el único autorizado para proporcionar los materiales de construcción.

A modo informativo, se adjunta la siguiente imagen de varias pruebas de hormigón que se han realizado en las obras realizadas en Melilla durante el periodo de prácticas para comprobar que el hormigón suministrado alcanzaba sus propiedades.

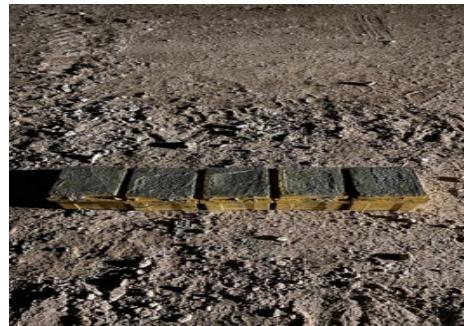


Ilustración 17: Pruebas de hormigón Fuente: RING 8

<sup>16</sup> El vibrado del hormigón es una de las técnicas más importantes para el acabado de éste. Esta técnica permite eliminar cualquier vacío que exista en la mezcla y por tanto que el hormigón quede compacto y rellene todos los espacios, por ejemplo entre las armaduras.



- Uso de esclerómetros

El esclerómetro es un instrumento que se utiliza para medir la **resistencia a compresión** del hormigón. La resistencia a compresión es la capacidad del hormigón para soportar una carga por unidad de área. Se expresa en términos de esfuerzo, por lo general en kg/cm<sup>2</sup> o MPa. Determinar esta propiedad es vital dado que el hormigón hace uso de esta capacidad en la mayor parte de sus aplicaciones. Los ensayos de resistencia a compresión se realizan siguiendo la UNE EN 12390-3 (UNE, 2020).



Ilustración 18: Martillo de Schmidt Fuente: (Programa de Afiliados de la geotecnica, s.f.)

La ventaja del esclerómetro es que se utiliza *in situ*, sin la necesidad de realizar pruebas en laboratorios. El esclerómetro trabaja según el principio de medición de Schmidt<sup>17</sup>. Se golpea el hormigón comprobando así su capacidad de carga y dureza. Según la dureza del hormigón, el medidor rebota más o menos. El dispositivo mide el rebote y permite la clasificación del hormigón según su resistencia a compresión en correlación con el gráfico de Miller.<sup>18</sup>

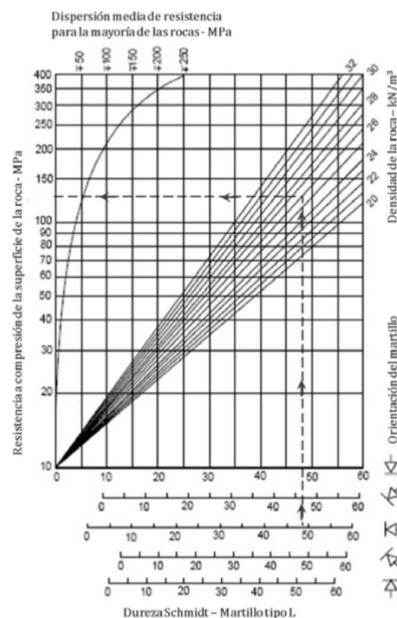


Ilustración 19: Gráfico de correlación para el martillo Schmidt entre resistencia a compresión, densidad de la roca y rebote Fuente: (Programa de Afiliados de la Construpedia, s.f.)

<sup>17</sup> La medición de Schmidt sirve para determinar la respuesta que ofrece una superficie de un material al impacto de una masa metálica caída desde una altura determinada. Tras medir la altura del rebote de la masa metálica, a partir de correlaciones se obtiene la resistencia a compresión del material. Este método es fácil y posibilita varios ensayos en un tiempo corto. La lectura que se obtiene de este ensayo se denomina valor de rebote Schmidt. (Programa de Afiliados de la Construpedia, 2021)

<sup>18</sup> Este gráfico debido a Miller en 1965 permite correlacionar la medida del rebote con la resistencia a compresión. Este gráfico contempla la densidad de la roca y la orientación de martillo respecto del plano ensayado. (Programa de Afiliados de la geotecnica, 2021)



También es importante resaltar otros casos que el personal encuestado sugirió. Algunos de ellos habían tenido problemas con bloques de hormigón prefabricados. Al no disponer de información in situ, se propone un caso sucedido en la plaza de Melilla durante la realización de las prácticas y que se puede extrapolar a un caso ocurrido en ZO.

La sección de construcción de la Cía. de Apoyo del Ring 8 (Melilla) estaba realizando una construcción en la que se requerían bloques de hormigón. La puesta en obra de estos bloques de hormigón significó la rotura y la aparición de grietas en los bloques como se puede apreciar en la primera imagen. De inmediato la obra se paralizó y se solicitó al proveedor el marcado CE de los bloques, así como el certificado de calidad de los mismos. El proveedor remitió únicamente un certificado de calidad del 2018 en el que todos los parámetros cumplían conforme a lo dispuesto en el Código Técnico de la Edificación (CTE). Sin embargo, ante la evidencia de la falta de calidad de los bloques y la necesidad de justificar la paralización de la obra se procedió a realizar un ensayo de los mismos. Como no era posible un ensayo de laboratorio, se procedió de la siguiente manera. Se dejaron caer tres bloques de hormigón desde una altura de 2 metros <sup>19</sup>(dos de ellos se habían utilizado en obras anteriores sin presentar defectos). El resultado fue que el bloque que presentó roturas en la obra se fragmentó por completo mientras que los otros prácticamente quedaron intactos.



Ilustración 20: Pruebas de bloques de hormigón prefabricados Fuente: RING 8

<sup>19</sup> La altura a la que se dejaron caer los bloques no fue relevante. Se querían ver los efectos de ambos bloques desde la misma distancia. Se eligieron 2 metros.



## 4.2. POSIBLES SOLUCIONES Y EVALUACIÓN

En el presente apartado del trabajo se estudian las que pueden ser las soluciones para los problemas explicados anteriormente. A continuación, se analizarán las posibles propuestas.

Desde un primer momento se descarta transportar desde TN los prefabricados completos por motivos comentados en la introducción, las FAS actúan con una visión más global. Se actúa en territorios lejanos donde el desarrollo de materiales cada vez más ligeros, sencillos y fáciles de transportar son vitales para su despliegue.

Se propone el uso de **hormigón in situ** gestionado por la Unidad de Ingenieros. El hormigón in situ permite agilizar labores (por ejemplo, optimizar el volumen de hormigón necesario), así como acortar los tiempos de producción (mayor rendimiento y eficiencia). La elaboración de este hormigón se realiza en la misma obra lo que favorece el uso de un hormigón del que se conoce exactamente su dosificación y sus características (principales causas de los problemas mencionados anteriormente). También, el hormigón in situ permite la independencia de una planta industrial.

En este TFG, solo se contempla la elaboración del hormigón a partir de cemento, áridos y agua que se obtendrán de forma previa independiente. Se expone de forma breve el proceso de obtención de la materia prima del hormigón:



### CEMENTO

- El suministro de cemento procede de la fábrica de cemento más cercana o bien de la más económica siempre que cumpla los requisitos. El cemento se suele suministrar en un camión cuba hasta la planta de hormigón. El cemento se bombea al silo de almacenaje de la planta de hormigón a través de una manguera desde la cuba de cemento



### ÁRIDOS

- El primer paso consiste en obtener los áridos de las graveras. Estos áridos son transportados mediante camiones a las instalaciones de machaqueo, donde se obtienen áridos de diferente granulometría en función al proceso de trituración al que han sido sometido. Los áridos pasan por diferentes tamices, lo que permite una constante criba del material. Al final del proceso, los áridos en función de su tamaño se van separando en cintas transportadoras. Cabe resaltar que se separan hasta una decena de tamaños diferentes de áridos. También se realiza un lavado del material para que la presencia de arcillas o lodos no afecten a la calidad de los áridos.
- En segundo lugar, se produce la recepción de los áridos en las plantas de hormigón fijas o portátiles. Los áridos se cargan desde vehículos (camiones bañeras) y descargan el material en las tolvas de la planta de hormigón.



### AGUA

- El agua se encuentra almacenada en depósitos. El agua se bombea a través de tuberías para permitir la producción de hormigón.

Tabla 6: Materias primas hormigón Fuente: Propia



Las Unidades de Ingenieros no disponen en dotación de maquinaria específica para la fabricación in situ de hormigón. Con estas condiciones, muchas unidades han adquirido hormigoneras para pequeñas labores. En la actualidad, en ZO los ingenieros desarrollan una gran cantidad de labores por lo que se intenta que los trabajos sean continuos para mejorar su rendimiento y cumplir con un cronograma temporal pre establecido para cada trabajo.

Las hormigoneras son máquinas que permiten, en función de la envergadura de la obra, su selección según su capacidad de producción. Sus capacidades suelen oscilar entre 90 litros para hacer pequeños trabajos de bricolaje a 450 litros para hacer losas, muros, techos, etc. Estas máquinas pueden trabajar eléctricamente o por medio de motores de gasolina o gasoil, lo que ofrece una adaptación al medio en el que se está trabajando. Las hormigoneras no requieren de un mantenimiento complicado debido a su simplicidad. Sin embargo, las limitaciones de las hormigoneras, hace evidente la necesidad de implementar algún tipo de maquinaria de mayor capacidad y que les permita la construcción de obras de mayor envergadura, como una COP. Esta es la razón por la que se contempla la adquisición de una planta de hormigón no permanente.

#### 4.2.1. ANÁLISIS ADQUISICIÓN PLANTA DE HORMIGÓN PORTATIL EN EL ET



Tabla 7: DAFO Adquisición planta de hormigón no permanente en el ET Fuente: Propia

Como se ve en el gráfico anterior, se ha realizado un estudio utilizando una herramienta que analiza las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades (DAFO) a nivel interno y externo, en este caso se analizan las consecuencias de la adquisición de una planta de hormigón portátil en el Ejército de Tierra.

A partir del análisis DAFO se obtienen los factores positivos que supondría la adquisición de una planta de hormigón portátil por parte del Ejército de Tierra y por tanto hay que potenciar. En primer lugar, permitiría llevar a cabo un control de los materiales que se utilizan para la fabricación de hormigón. También, se solventarían los problemas más recurrentes que se mencionaron en el análisis de las encuestas (mala resistencia a compresión o mala consistencia del hormigón) derivados de una mala dosificación. La planta de hormigón lleva incorporado un software de gestión de dosificaciones. En este software hay una base de datos que en función del tipo de hormigón que se quiera utilizar, elabora las



dosificaciones automáticamente acordes con la normativa EHE. Del mismo modo, la adquisición de la máquina simplificaría los tiempos de producción ya que se facilita la producción continua en obra.

Por último, la dependencia del tejido industrial de la zona local se reduce por lo que aumenta la autonomía del contingente y las capacidades propias. Además el contingente estaría en condiciones de proporcionar apoyos puntuales a otros contingentes próximos.

Estos factores aumentan con las oportunidades que hoy en día ofrecen las empresas que se encargan de innovar y fabricar las plantas de hormigón portátiles. Se están desarrollando e investigando maquinaria cada vez más modular, portátil y fácil de transportar. En resumen, productos específicos acordes a las necesidades. Estas líneas de investigación suponen una ventaja para la adquisición de maquinaria por parte del Ejército ya que coinciden con los requisitos que el propio ejército necesita.

Por el contrario, adquirir una planta de hormigón portátil supone una gran inversión, además de realizar algún curso de formación del personal con el fin de saber manejar la máquina con exactitud. El principal problema que supone la adquisición de una máquina de estas características es el transporte hasta el Teatro de Operaciones. La estrategia debería basarse en buscar una planta de hormigón portátil que permitiese un transporte fácil por vía marítima o por vía terrestre. También el montaje y el desmontaje de la planta de hormigón no debería necesitar de maquinaria auxiliar como grúas ya que de esta manera se agilizaría el proceso de puesta en marcha. Se deben conocer las características técnicas de la maquinaria para saber el consumo de energía en funcionamiento y compararlo con los grupos electrógenos de los que dispone el Ejército para saber si estos pueden suministrarl. Se debe de tener en cuenta el mantenimiento que requiere la planta de hormigón.

A estas desventajas hay que añadir el factor de que la disminución de dependencia con el tejido industrial local afecta de manera negativa al contingente. Como consecuencia, las relaciones con la nación anfitriona se verían afectadas. Hoy en día el trato con la población civil es de vital importancia en factores como la seguridad para el contingente, el control sobre la insurgencia y amenazas, la mejora de las capacidades de la nación en cuanto a la disponibilidad de material, maquinaria y equipo. Sin embargo, adquirir una planta de hormigón proporciona al contingente la capacidad de respuesta ante cualquier fallo en las capacidades contratadas en ZO.

En un primer momento se planteó la adquisición de un tren de machaqueo, sin embargo, se descartó por varias razones derivadas del análisis anterior. El tren de machaqueo es una instalación que permite obtener de manera in situ la granulometría de los áridos en función del uso que se les va a dar. Normalmente, los áridos son obtenidos de las graveras y son transportados directamente a instalaciones de machaqueo para realizar el proceso de trituración.

- Si se plantea la opción de adquirir un tren de machaqueo, la razón es por que se requiere un mayor control de la materia prima por lo que lo óptimo sería que los áridos fuesen transportados desde TN. Actualmente la ruta logística desde TN hasta ZO sufre retrasos, además de la dificultad que implican los envíos directos. También el transporte de áridos supone el transporte de un gran volumen de materiales y por tanto un coste muy elevado.
- Reducción de las relaciones con la nación anfitriona.
- Normativa medioambiental, ya que dependiendo del viento y la humedad el uso del tren de machaqueo se restringe por problemas de contaminación.



#### 4.2.2. ANÁLISIS DE RIESGOS DE LA ADQUISICIÓN DE PLANTA DE HORMIGÓN PORTÁTIL EN EL ET.

Para estudiar en profundidad dicha cuestión, se ha realizado un análisis de riesgos cualitativo, con el fin de identificar las amenazas más importantes a la que se enfrenta la adquisición de una planta de hormigón portátil en el ET y evaluarlas.

Cada riesgo está catalogado según el ID, la descripción del riesgo, su categoría, la probabilidad de ocurrencia, su calificación, su efecto, las medidas a tomar y la nueva calificación de este tras la implementación de las medidas mencionadas anteriormente (**Anexo-Riesgos**). En el análisis se han clasificado los riesgos en los siguientes tipos:

- Riesgos tácticos: Son aquellos que influyen directamente en la seguridad, planeamiento táctico, personal o despliegues de la misión.
- Riesgos logísticos: Son riesgos primordiales que deben de ser identificados para garantizar que la planta de hormigón realice cada una de las actividades y procesos logísticos hasta llegar a su lugar de destino. Requiere coordinación entre los recursos materiales y diferentes empresas que se encargarán del transporte terrestre o marítimo además del contrato de seguros que amparen algunos factores.
- Riesgos gubernamentales: El mero hecho de adquirir una planta de hormigón puede afectar a la actividad económica del país o del sector de la construcción, por lo tanto, sería conveniente reunirse con el gobierno para adelantarles la cuestión y negociar con ellos.
- Riesgos técnicos: Son daños o situaciones derivadas del montaje o desmontaje de la máquina, de su mal uso, de su puesta en marcha, del software, de los equipos eléctricos, de la falta de materias primas del hormigón, como áridos o aguas, etc.

A cada riesgo, se le ha asignado una probabilidad de ocurrencia en tres niveles: 1(Bajo), 2(Medio) y 3 (Alto); y un impacto también en tres niveles: Alto (H), Moderados (M) o Bajo (L). A continuación, este es el resultado obtenido:

Probabilidad	3	0	1	2	
	2	0	2	4	
	1	1	0	2	
	Low	Medium	High	Impacto	

Tabla 8: Clasificación de los riesgos en función de su probabilidad e impacto Fuente: Propia

Se han identificado doce riesgos que podrían afectar significativamente al desarrollo del proyecto (Anexo- Análisis de riesgos). Para cada uno de ellos, se han propuesto medidas o planes de contingencia que reducen la posibilidad de ocurrencia y/o mitiguen sus efectos. Posteriormente, se han clasificado de nuevo los riesgos.



Se han obtenido las siguientes conclusiones:

- Posible conflicto entre el tejido industrial local y el contingente: Riesgo clasificado con un nivel 3H, con un impacto alto y una probabilidad alta. El hecho de llevar una planta de hormigón portátil a ZO puede ser interpretado como una manera de que personal ajeno a ese país lo está ocupando y además no está contribuyendo al desarrollo del país. El principal efecto podría ser un malestar general entre la población local y el contingente que se materializase en las relaciones sociales. Una medida que mitigaría la solución sería que el gobierno o los directivos de la nación anfitriona conociesen la situación y se llegara a un acuerdo como por ejemplo a que la industria local aceptase suministrar áridos al contingente.
  - Aumento de la seguridad y el control de la base: Riesgo clasificado con un nivel 3H, con un impacto y una probabilidad alta. La planta de hormigón se situaría dentro de la COP lo que conllevaría mayor tránsito de entrada/salida tanto de personal como de vehículos. Podría afectar a la seguridad de la base. La principal medida sería que durante los trabajos que implicasen el funcionamiento de la máquina hubiese mayor personal involucrado en el control de la base y que existiese una buena comunicación entre los operarios de la planta y el personal de la COP.
  - Avería en la planta de hormigón: Riesgo clasificado con un nivel 2M, con un impacto moderado y una probabilidad media. Se solventarían con la existencia en almacén de algunas piezas de repuesto para su utilización en las averías mas comunes, además de la posibilidad de impartir cursos para que en ZO hubiese personal especialista cualificado que conociese la máquina y pudiese identificar el fallo con rapidez para su pronto restablecimiento.
  - No lograr hormigón con ciertas características técnicas: Riesgo clasificado con un nivel 1H, con un impacto alto y una probabilidad baja. Podría ser un error de la base de datos del software<sup>20</sup> que lleva instalado la planta de hormigón, por lo que con una posible reprogramación se podría erradicar ese riesgo. Se adjunta a continuación una captura de pantalla del software de control usado por la planta de hormigón “Calmi” en Melilla.



Ilustración 21: Programa informático “Calmi” Fuente: Planta de hormigón “Calmi”

- Viabilidad de suministrar la potencia energética que requiere la planta de hormigón con los medios de los que dispone el Ejército de Tierra: Riesgo clasificado con un nivel 2H, con un impacto alto y una probabilidad media. Se debe conocer la potencia exacta que requiere la planta de hormigón para su correcto funcionamiento y verificar qué grupo electrógeno del Ejército de Tierra puede suministrarla o por el contrario si no existe ninguno con suficiente potencia y por tanto no se podría utilizar la planta de hormigón.

<sup>20</sup> Este software permite la gestión de las plantas de hormigón. Permite controlar y supervisar todos los procesos que tienen lugar en la planta de hormigón tanto en planta como a distancia. Este software agiliza y facilita los trabajos aumentando la productividad. Algunas de sus funciones son el control de la producción (informes de consumos de materia prima, informes de productos por fórmula), control de la densidad y humedad de los productos, gestión de los elementos hormigonados, alarmas de sobrecarga, control del equipo de dosificación y mezcla de distintos productos, certificado del suministro, etc. (Arco electrónica 2021).



Para ello a continuación se realiza la medida propuesta: previsión de la carga de la planta de hormigón M-DHA-60<sup>21</sup> y estudio de los grupos electrógenos con los que cuenta el Ejército de Tierra.

#### Previsión de carga de la planta de hormigón M-DHA-60

Partes	Potencia
Cinta elevadora	18,5 KW
Cinta pesadora	15 KW
Sinfín de cemento	15 KW
Compresor	4 KW
Vibradores eléctricos	0,45 KW
Mezcladora	55 KW

Tabla 9: Potencia elementos planta de hormigón Fuente: Propia

La potencia total empleada por la maquinaria es de 107,95 KW.

Obtenida esta potencia total de previsión, le aplicaremos un coeficiente de simultaneidad (según criterio del diseñador) igual a 1, con lo que se obtiene la potencia suministrada:

**Potencia suministrada: 107,95 x 1= 107,95 KW**

La potencia de los grupos electrógenos viene expresada en KVA por lo que teniendo en cuenta que 1 KW equivale a 1.25 KVA con un factor de potencia de 0.8:

**107,95 KW x 1,25= 134,93 KVA**

En el ET, los grupos electrógenos que se pueden encontrar oscilan de 1 a 630 KVA. En este caso el grupo electrógeno que se ajusta a estos requisitos es el **grupo electrógeno de 165 KVA (SPA-165 KVA-P)**. (Parque y Centro de Mantenimiento de material de Ingenieros, 2017).

- No contar con agua en la zona donde se esté desplegado: Riesgo clasificado con un nivel 2H, con un impacto alto y una probabilidad media. La medida a tomar sería llevar a cabo un reconocimiento previo al despliegue, complementado con fotografías aéreas o planos. Se trataría de identificar una posible fuente de agua que cumpla con los requisitos militares, por ejemplo que se trate de una posición estratégica ventajosa. También como jefe de ingenieros es necesario previamente a cualquier movimiento a ZO un estudio de la morfología del terreno para saber cómo está distribuido el material en las capas superficiales o subsuperficiales (suelos arcillosos, cásticos, graníticos...).
- Incremento de un posible ataque a la COP: Riesgo clasificado con un nivel 2H, con un impacto alto y una probabilidad media. La planta de hormigón se convertiría en un objetivo de alto valor<sup>22</sup> para el enemigo, por lo tanto las medidas que mitigarían la situación es que mientras la máquina esté dentro de la COP se refuerce el perímetro de seguridad, las patrullas, puestos de vigilancia, etc.

<sup>21</sup> Se estudia esta planta de hormigón ya que la medida propuesta para solventar este riesgo se realizaría una elegida la planta de hormigón. La elección de la planta acorde de los requisitos propuestos se realiza en el apartado 4.2.4.

<sup>22</sup> Un objetivo de alto valor para el enemigo es un objetivo que a un relativo bajo coste provoca grandes daños en las infraestructuras propias, ya sea a nivel táctico, logístico, político o de opinión pública.



- Falta de un área dentro de la COP para la instalación y el uso de la planta de hormigón: Riesgo clasificado con un nivel 2M, con un impacto moderado y una probabilidad media. La planta de hormigón supondría una amenaza para el propio contingente si no se situase en el interior de la COP. La principal medida a tomar es delimitar en el proyecto inicial (véase ilustración 8) de la construcción de la COP la zona asignada a la planta de hormigón, al depósito de áridos, entrada/salida de hormigoneras...

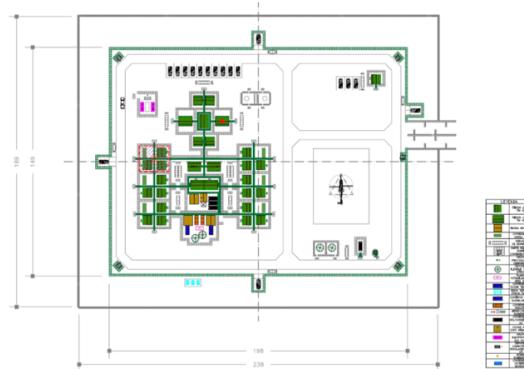


Ilustración 22: Ejemplo de distribución inicial de zonas en una COP Fuente: Cte. Hervella

- Retraso de la planta de hormigón a la base: Riesgo clasificado con un nivel 1L, con un impacto bajo y una probabilidad baja. Se solventaría con el uso de otros materiales temporales como hesco-bastion o sacos terreros. Además cuando se realiza transporte de mercancías vía marítima o terrestre se suelen firmar seguros que amparan los daños que pueden sufrir las mercancías durante el trayecto o bien las posibles irregularidades (aduanas, retrasos, temporales...).
- Desbordamiento de la planta de hormigón por exceso de demanda: Riesgo clasificado con un nivel 1H, con un impacto alto y una probabilidad baja. Se podría dar esta situación si no se planifica correctamente la capacidad de la planta de hormigón de acuerdo a las necesidades de una COP. Existe la posibilidad de aumentar la capacidad de producción de la planta acoplando con el resto de la maquinaria una nueva instalación pero aumentaría en gran cantidad los costes.

Clase riesgo	Antes de las medidas	Después de las medidas
Crítico	2	0
Alto - medio	5	0
Medio	4	4
Bajo	1	7
<b>Total:</b>	<b>12</b>	<b>12</b>

Tabla 10: Clasificación de los riesgos antes y después de la implementación de las medidas Fuente: Propia



#### 4.2.3. ALTERNATIVAS DE PLANTAS DE HORMIGÓN PORTÁTILES

Se procede a consultar a diferentes empresas del sector de la construcción que se encargan de diseñar maquinaria de este tipo. Se ha contactado con estas empresas a través de correos electrónicos y llamadas telefónicas.

A continuación, se exponen las empresas que han sido de interés y los resultados obtenidos:

- **Sotecma S.A** : Empresa implantada tanto a nivel nacional como internacional. La sede en España se encuentra en Madrid. Se encargan de desarrollar y fabricar maquinaria orientada al tratamiento de sólidos pulverulentos o granulares. Ha realizado proyectos en países como Argelia, Rusia y Colombia. Se contactó con ellos, sin embargo, la planta de hormigón móvil (Modelo basic-80) no podía ser transportada por carretera y habían dejado de fabricarlas. Además, la producción de hormigón que esta planta proporcionaba era muy superior al que se necesitaba, por lo tanto, su precio era muy superior al de otras plantas consultadas. (SOTECMA, 2020)
- **Aimix grupo**: Empresa con sede en China, pero realiza exportaciones a muchas regiones de Europa entre las que se encuentra España. Es una empresa especializada en la fabricación y venta de maquinaria de hormigón de alta calidad. Se ha contactado con esta empresa vía correo electrónico, sin embargo, a día de hoy esta empresa ha dejado de realizar exportaciones fuera de China por las restricciones de movilidad derivadas de la COVID-19. Por lo tanto, esta empresa se descarta temporalmente. (AIMIX Grupo, 2019)
- **Talleres Alquezar S.A**: Empresa con centro de producción en Zaragoza, se encarga de diseñar y fabricar maquinaria para la construcción. Esta empresa tiene como producto principal: plantas de hormigón (estacionarias y no permanentes), plantas de mortero, plantas de reciclaje y plantas para la extracción y tratamiento de áridos. Destaca por ser una de las empresas con mayor experiencia en el sector. Se ha decidido consultar las necesidades con este taller ya que Alquezar ha realizado en los últimos años varios transportes y montajes de plantas de hormigón portátiles y mortero a países como Argelia, Reino Unido o Portugal, lo que puede ser un factor positivo. Se contactó con ellos por teléfono y se concertó una cita presencial en el taller situado en el polígono de Malpica, Zaragoza. (Talleres Alquézar S.A., s.f.)



Ilustración 23: Logo empresa Fuente: Página oficial empresas

Tras ser consultada la última empresa, se barajan tres posibles opciones que se ajustan a nuestras necesidades:

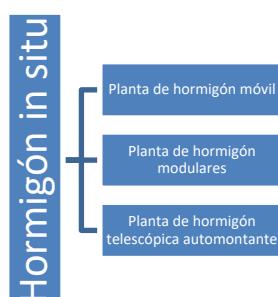


Ilustración 24: Esquema posibilidades planta de hormigón Fuente: Propia



El objetivo de estas tres alternativas es obtener hormigón in situ con ciertas propiedades a partir de la mezcla de cemento, áridos y agua. En la siguiente tabla se realiza un breve esquema con las características de cada máquina. Se han elegido de cada modelo la de menor producción ( $m^3/h$ ) ya que se ha priorizado que sea de menor tamaño a que complete más ciclos. De todas formas, suponiendo que todo el perímetro estuviese protegido por T-Wall:

$$1 \text{ T-Wall} \longrightarrow 3,66 \text{ m} \times 1,39 \text{ m} \times 0,225 \text{ m} = 1,15 \text{ m}^3 \text{ de hormigón}$$

$$\text{Frontal perímetro de la base (Basado en COP de Afganistán)} \longrightarrow 238 \text{ m} : 1,39 \text{ m} = 171 \text{ T-Wall}$$

$$171 \times 1,15 = 196,65 \text{ m}^3 \text{ de hormigón por lo que en 4 ciclos se podría completar el frente.}$$

Planta de hormigón	Uso principal	Transporte	Montaje/Desmontaje	Mantenimiento	Producción
Móvil (GM-DHA 60)	Uso en obras temporales. Óptima en obras de urgencia (facilidad de transporte por carretera a poca distancia)	Equipo en posición de transporte (equipo arrastrado por una cabeza tractora)	Montaje fácil y sencillo Equipo en posición de trabajo. Necesidad de un medio auxiliar mínimo de elevación.	Requiere inspecciones técnicas de vehículos periódicas	60 $m^3/h$
Modular (GMT-DHA-60)	Uso en obras temporales, óptimas para transportes a larga distancia. Diseñadas para facilitar el transporte, montaje y desmontaje de la misma	Se realiza mediante contenedores, plataformas y flat-racks.	Rápido (8-12h) y sencillo. Se minimiza el tiempo de ensamblaje ya que los módulos son premontados en fábrica. Necesidad de un medio auxiliar de elevación.	No necesita un mantenimiento periódico	60 $m^3/h$
Telescópica automontante (M-DHA-60)	Última generación de plantas de hormigón. Ofrece transportabilidad, rapidez de montaje y versatilidad.	Permite transportar la planta como un semirremolque o bien por mar sobre un contenedor tipo flat rack	Rápido (6-10h) No necesita grúas ya que tiene incorporado un sistema de elevación hidráulico y telescópico que hacen posible el montaje de la planta de hormigón.	No necesita un mantenimiento periódico pero si de un cuidado constante (cambio de fluidos hidráulicos, no dejar el sistema expuesto a un entorno sucio...)	60 $m^3/h$

Tabla 11: Principales características de las plantas de hormigón Fuente: Propia



#### 4.2.4. SELECCIÓN PLANTA DE HORMIGÓN PORTATIL MÁS ADECUADA

Para determinar cuál es la mejor planta de hormigón portátil se utilizará un análisis multicriterio basado en el **método SCORING**. Este método permite identificar la alternativa más adecuada de acuerdo a unos criterios establecidos previamente. Previamente a realizar este método, se realizó una encuesta a oficiales del ET que durante su trayectoria militar habían participado en la construcción de una COP en ZO para averiguar cuales eran los factores más importantes a la hora de adquirir una planta de hormigón móvil. Las encuestas y los resultados de las encuestas se pueden encontrar al final en el **Anexo 1- Encuestas**.

Las etapas del siguiente método son las siguientes:

1. Identificar la meta del problema
2. Identificar las alternativas al problema sugerido
3. Reunir criterios a emplear en la toma de decisiones
4. Asignar una ponderación a cada uno de los criterios
5. Establecer en cuánto satisface cada alternativa a cada uno de los criterios
6. Calcular el Score para cada una de las alternativas

$$S_j = \sum_i w_i r_{ij}$$

Siendo;

$r_{ji}$  = rating de la alternativa  $j$  en función del criterio  $i$

$w_i$  = ponderación para cada criterio  $i$

$S_j$  = score para la alternativa  $j$

7. Ordenar las alternativas en función del Score y elegir la mejor alternativa de mayor puntuación.

En nuestro caso:

1. Seleccionar el mejor modelo de planta de hormigón no permanente
2. Alternativas: Planta de hormigón portátil, planta de hormigón telescópica automontante y planta de hormigón modular.
3. Criterios: facilidad en el transporte marítimo, facilidad de transporte por carretera, facilidad de montaje en cuanto a mano de obra, facilidad de montaje en cuanto al uso de medios auxiliares como grúas, rapidez de montaje en ZO, necesidad de personal cualificado para un correcto uso, autonomía en la maquinaria empleada, coste de la maquinaria adquirida, mantenimiento requerido de la máquina, precisión con la dosificación y mezcla de hormigón, capacidad de producción de hormigón y facilidad de desmontaje.
4. Ponderaciones: Fueron asignadas en función de los resultados obtenidos en las encuestas.
  - i. 1 = Muy poco importante
  - ii. 2 = Poco importante
  - iii. 3 = Importancia media
  - iv. 4 = Algo importante
  - v. 5 = Muy importante
5. Para saber en cuánto satisface cada una de las plantas de hormigón a los criterios se contactó con la empresa Alquezar S.A y se clasificó cada criterio de acuerdo a su experiencia y a las características técnicas de cada una de ellas.



Criterios	Ponderación
A:Facilidad en el transporte marítimo	4
B:Facilidad transporte carretera	4
C:Poca mano de obra	3
D:No necesidad de medios auxiliares (Grúas)	4
E:Rapidez montaje en ZO	3
F:No necesidad personal cualificado	3
G:Autonomía en la maquinaria empleada (propia)	4
H:Coste	3
I:Bajo mantenimiento de la máquina	3
J:Precisión dosificación y mezcla del hormigón	4
K:Capacidad producción de hormigón (m3/h)	3
L:Facilidad desmontaje	4

Tabla 12: Ponderaciones método Scoring Fuente: Propia

Criterios	Ponderación	GM-DHA-60	M-DHA-60	GMT-DHA-60
A	4	5	9	6
B	4	7	9	9
C	3	6	8	6
D	4	6	9	6
E	3	7	8	6
F	3	3	3	3
G	4	8	8	8
H	3	7	6	8
I	3	7	5	6
J	4	9	9	9
K	3	7	8	7
L	4	6	9	7
<b>TOTAL</b>		<b>275</b>	<b>326</b>	<b>288</b>

Tabla 13: Resultados del método Scoring Fuente: Propia

Las conclusiones obtenidas en base a los resultados anteriores son que la mejor planta de hormigón portátil para cubrir nuestras necesidades es la **M-DHA-60 telescopica automontante** (Talleres Alquézar S.A., s.f.) por obtener un mayor scoring.

Esta planta destaca con respecto a las otras dos plantas de hormigón en la facilidad de transporte tanto terrestre como marítimo. También se ha valorado muy positivamente el hecho de que sea automontante y por tanto no necesite medios auxiliares como grúas. Otra de las ventajas en las que destaca esta planta sobre las demás en buena medida es la facilidad de montaje y desmontaje. Sin embargo, la planta ha sido calificada negativamente en los aspectos de coste ya que es la planta que supone mayor presupuesto y en el mantenimiento ya que el sistema hidráulico de elevación necesita un mantenimiento periódico así como la posible reposición de piezas más específicas con el paso del tiempo.

En conclusión, esta planta obtiene muy buena puntuación por expertos en el **transporte marítimo**, el **transporte terrestre**, en la **no necesidad de medios auxiliares** y en la **facilidad de montaje/desmontaje**. Es por ello que la mejor planta acorde a las necesidades del ejército es la telescopica automontante, por lo tanto se procede a realizar un análisis de costes.



#### 4.2.5. ANÁLISIS DE COSTES

A continuación, se adjunta el presupuesto de la planta de hormigón seleccionada sin incluir el transporte hasta ZO. El presupuesto ha sido proporcionado por la empresa mencionada anteriormente, Alquezar S.A. El presupuesto ha sido configurado de acuerdo a la configuración personal de la máquina priorizando las necesidades a las que se puede hacer frente en ZO. Véase **ANEXO-Documentación planta de hormigón** en dónde puede encontrar las características de la máquina y el presupuesto desglosado detalladamente.

CANT.	MAQUINA / ELEMENTO	PRECIO (Euro)
1	<b>MÁQUINAS Y ELEMENTOS PLANTA M-DHA-60</b>	240.000
1	<b>SILO DE CEMENTO SC- 60 m<sup>3</sup> Y COMPLEMENTOS</b>	24.500
1	<b>MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA</b>	13.440
1	<b>TRANSPORTE</b>	NO INCLUIDO
<b>TOTAL, GENERAL NETO</b>		
<b>PLANTA HOMIGÓN M-DHA-60 - 1,67 m<sup>3</sup> (€)</b>		<b>277.940</b>

CANT.	MAQUINA / ELEMENTO	PRECIO (Euro)
1	<b>ELEMENTOS OPCIONALES</b> - Bascula de aditivos 4 vasos/20 Ltrs. - Chapas de contención.	12.314
<b>TOTAL, GENERAL NETO</b>		
<b>PLANTA HOMIGÓN M-DHA-60 - 1,67 m<sup>3</sup> CON OPCIONALES (€)</b>		<b>290.254</b>

Tabla 14: Presupuesto final planta de hormigón M-DHA-60 Fuente: Alquézar S.A

El presupuesto de la adquisición de la planta de hormigón portátil modelo M-DHA-60 es de **290.254 euros**. En este presupuesto se ha incluido la compra de la propia máquina, el silo de cemento <sup>23</sup>de 60 m<sup>3</sup> (el de menor tamaño) para el almacenamiento de cemento, el montaje y la puesta en marcha de los elementos de la planta para su transporte directamente.

<sup>23</sup> Los silos para el cemento son estructuras cerradas con forma de tanque diseñadas para almacenar material, en este caso cemento. Estas estructuras cuentan con un sistema de carga y descarga lo que agiliza los procesos. En el presupuesto de la máquina y los elementos de la planta de hormigón se incluyen las tolvas de áridos que son tanques en los que se depositan los áridos y garantizan un suministro continuo y controlado gracias a elementos opcionales como la bascula y las chapas de contención.



## 5. CONCLUSIONES

Este estudio surge de la necesidad de analizar los materiales de fortificación utilizados en las diferentes Zonas de Operaciones con los que actualmente cuenta el Ejército de Tierra con el fin de proponer una o varias soluciones que palíen sus deficiencias.

Los materiales de fortificación más utilizados recientemente en las bases militares desplegadas en territorio extranjero son los gaviones y las barreras de hormigón. Tras analizar las deficiencias de ambos, los gaviones cumplen con su función balística y estructural, sin embargo se destacan varias deficiencias de las barreras de hormigón.

Normalmente, se despliega en zonas donde los recursos locales son limitados. Por ejemplo, el número de comerciantes o de empresas a las que se puede recurrir en la mayoría de países es bastante limitado. Esto provoca que en muchos casos los precios sean elevados, la calidad del material o maquinaria adquirida no sea la esperada y los tiempos de ejecución de los trabajos se dilaten. Este hecho hace que el suministro, en este caso de hormigón, no cumpla con ciertas normativas o especificaciones y por lo tanto no se adquieran estructuras de hormigón que respondan de una manera satisfactoria.

Posteriormente, se ha estudiado la falta de consistencia y resistencia a compresión del hormigón. Ambas características técnicas son vitales ya que en la mayor parte de los esfuerzos del hormigón se quieren ambas capacidades. Estas propiedades están directamente relacionadas con la protección estructural y con el fallo de las barreras de protección tras ser alcanzadas por proyectiles, mermando la protección balística de la base. Todo ello conlleva una menor seguridad del personal y de las instalaciones.

Para verificar estas deficiencias se ha solicitado la experiencia de personal que hubiera estado desplegado en zona de operaciones en los últimos años y además haya estado involucrado en la construcción de las bases. También se han recopilado las lecciones aprendidas proporcionadas por el Mando de Ingenieros. Se analizan diversas pruebas tangibles realizadas por el alumno durante el periodo de prácticas en Melilla.

Después de la investigación se deduce que el hormigón suministrado en zona de operaciones tiene una consistencia menor, no cumple con la resistencia a compresión que se le exige por normativa a los 28 días y por tanto ofrece al personal desplegado estructuras inadecuadas ante impactos balísticos o bien ante posibles daños estructurales.

Se han barajado varias soluciones, entre ellas la posibilidad de trasportar las estructuras de hormigón desde Territorio Nacional pero la perspectiva de la OTAN y el desarrollo de las misiones actuales no son compatibles. Finalmente la propuesta sugerida es el uso de hormigón in situ gestionado por la Unidad de Ingenieros a partir de una planta de hormigón portátil proyectable.

Actualmente las industrias encargadas de la fabricación de este tipo de máquinas están focalizadas en el desarrollo de máquinas cada vez más específicas, fáciles de transportar y de menor tamaño sin renunciar por ello a la calidad exigida. Se ha contactado con tres empresas; dos nacionales y una multinacional. Para determinar la planta de hormigón, personal militar con experiencia han determinados unos criterios y se ha elegido aquella que respondía mejor a ellos. Las principales características que satisface esta planta de hormigón es la facilidad de ser transportada tanto por vía marítima como por vía terrestre, la no necesidad de medios auxiliares para su puesta en marcha en Zona de Operaciones y la facilidad de montaje y desmontaje. Se han adjuntado los planos, el presupuesto y las características técnicas de la planta de hormigón portátil proporcionados por la empresa Alquezar.



Finalmente, se ha analizado la adquisición de la planta de hormigón portátil en el Ejército de Tierra en diferentes ámbitos, así como los riesgos que conllevaría sobre todo en los ámbitos táctico, logístico, técnico y gubernamental. Uno de los riesgos críticos en cuanto a la adquisición de la planta de hormigón portátil es la posibilidad de que el Ejército de Tierra no cuente con medios para suministrar la potencia eléctrica que requiere la máquina para su funcionamiento. En este caso se ha realizado una previsión de la carga necesaria y se ha comparado con los grupos electrógenos existentes en el Ejército de Tierra y finalmente se concluye que es posible la adquisición, puesto que existe un tipo de grupo electrógeno con capacidad para ello. Se han propuesto diferentes medidas y planes de contingencia para cada riesgo con el fin de minimizarlos o erradicarlos.

Se concluye por tanto que la adquisición de la planta de hormigón M-DHA-60 supondría una mejora de los materiales de fortificación en Zona de Operaciones.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### 6. BIBLIOGRAFÍA

- AIMIX Grupo, 2019. *AIMIX Grupo fabricante maquinaria.* [En línea] Available at: <https://aimixgrupo.com/aimix-grupo-fabricante-maquinaria/> [Último acceso: 19 Noviembre 2021].
- Arco electrónica, 2021. *Software control plantas de hormigón.* [En línea] Available at: <https://www.arcoelectronica.es/wp-content/uploads/ARCO-GOLD-TWO.pdf> [Último acceso: 22 Septiembre 2022].
- Boletín Oficial del Estado (BOE), 10 de agosto de 2021. *Real Decreto 470/2021, de 29 de junio, por el que se aprueba el Código Estructural..* [En línea] Available at: <https://www.boe.es/boe/dias/2021/08/10/pdfs/BOE-A-2021-13681.pdf> [Último acceso: 14 Noviembre 2021].
- CEMEX, 2021. *Hormigones especiales.* [En línea] Available at: [https://www.cemex.es/productos-y-soluciones/hormigon/especial/alta-resistencia?gclid=Cj0KCQiAMCOBhCZARlsANLid6bDn55VoEmA5Lo1bO5LWIrj\\_b\\_gsHy2sFi7U\\_jZGzuTAVrckM4pr4aAuBfEALw\\_wcB](https://www.cemex.es/productos-y-soluciones/hormigon/especial/alta-resistencia?gclid=Cj0KCQiAMCOBhCZARlsANLid6bDn55VoEmA5Lo1bO5LWIrj_b_gsHy2sFi7U_jZGzuTAVrckM4pr4aAuBfEALw_wcB) [Último acceso: 16 Noviembre 2021].
- Colegio Oficial de Arquitectos en Galicia, 2021. *Publicación en el BOE del Código Estructural.* [En línea] Available at: <https://portal.coag.es/normativa/publicacion-en-el-boe-del-codigo-estructural/> [Último acceso: 19 Noviembre 2021].
- Cuartel General del Mando de Ingenieros, 2018. *Obras tipo para la protección de la fuerza.* s.l.:s.n.
- Defencell, 2021. *Defencell Engineered Protection.* [En línea] Available at: [http://www.defencell.com/product\\_range\\_home.html](http://www.defencell.com/product_range_home.html) [Último acceso: 22 Septiembre 2021].
- Defence, T., 2021. *Engineers Handbook Hesco Bastion Force Protection.* s.l.:s.n.
- Hesco, 2021. *Hesco.* [En línea] Available at: <https://www.hesco.com> [Último acceso: 22 Septiembre 2021].
- Instalaza S.A., 2020. *Instalaza.* [En línea] Available at: <https://instalaza.com> [Último acceso: 30 Septiembre 2021].



- Instalaza S.A., 2021. *Instalaza, campo de tiro.* [En línea] Available at: <https://instalaza.com/la-empresa/instalaciones/> [Último acceso: 30 Septiembre 2021].
- Instituto de Ciencias de la Construcción, 2020. *Presentación del Código Técnico de la Edificación.* [En línea] Available at: <https://www.codigotecnico.org/QueEsCTE/Presentacion.html> [Último acceso: 23 Octubre 2021].
- Mando de Adiestramiento y Doctrina (MADOC), Departamento de ciencia militar, 2021. *Táctica y Logística de Ingenieros 4ºEMIEOT-CGET.* s.l.:s.n.
- Mando de Adiestramiento y Doctrina (MADOC), 2020. *Organización del terreno para el combate de las grandes unidades.* s.l.:s.n.
- Mando de Adiestramiento y Doctrina (MADOC), 2021. *Entrevistas al mando de ingenieros del ejército. Experiencias y lecciones sobre infraestructuras en Operacione.* Granada: s.n.
- Ministère de la Defense et des anciens combattants, 2011. *Gouvernance de la Protection des Installations Militaires.* Francia: s.n.
- Ministerio de Defensa (MINISDEF), 2016. *Infraestructuras en operaciones,* s.l.: s.n.
- Ministerio de Fomento, 2010. *Instrucción del Hormigón Estructural (EHE-08),* s.l.: Centro de Publicaciones, Secretaría General Técnica.
- NATO Standardization Office, 2015. *Allied Joint Doctrine For Force Protection.* [En línea] Available at: [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/454616/20150804-AJP\\_3\\_14\\_Force\\_Protection\\_Secured.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/454616/20150804-AJP_3_14_Force_Protection_Secured.pdf) [Último acceso: 16 Noviembre 2021].
- NATO, Ministry of Defence, 2015. *Allied Joint Doctrine for Force Protection.* [En línea] Available at: [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/454616/20150804-AJP\\_3\\_14\\_Force\\_Protection\\_Secured.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/454616/20150804-AJP_3_14_Force_Protection_Secured.pdf) [Último acceso: 14 Noviembre 2021].
- NATO, s.f. *Base Camps: A leader's guide. Lessons and best practices,* 2019: s.n.
- Normalización Española (UNE), 2020. *UNE-EN 12350-2:2020.* [En línea] Available at: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0063378> [Último acceso: 30 Septiembre 2021].
- Normalización Española (UNE), 2020. *UNE-EN 12390-3:2020.* [En línea] Available at: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0063272> [Último acceso: 30 Septiembre 2021].
- Parque y Centro de Mantenimiento de material de Ingenieros, 2017. *Grupo Electrógeno SPA 165 KVA'S-P Manual de Operación y Mantenimiento.* s.l.:s.n.



- Programa de Afiliados de la Construpedia, 2021. *Consistencia del Hormigón. Método del Cono de Abrams. Hormigón Fresco*, s.l.: s.n.
- Programa de Afiliados de la geotecnica, 2021. *Martillo de Schmidt*. [En línea] Available at: <https://www.mercado.geotecnica.online/wp-content/uploads/2020/07/Martillo-Schmidt-Esclerómetro.pdf> [Último acceso: 26 Diciembre 2021].
- Rodriguez, V. h. G., 2013. *Estudio del comportamiento del hormigón de alta resistencia reforzado con fibras de acero frente al impacto de proyectiles*, s.l.: s.n.
- SOTECMA, 2020. *Especializados en instalaciones y equipos de dosificación,mezcla, transporte y ensilado de sólidos*. [En línea] Available at: <https://www.sotecma.es> [Último acceso: 19 Noviembre 2021].
- Talleres Alquézar S.A., 2021. *Elección de la planta de hormigón*. [En línea] Available at: <http://talleresalquezar.blogspot.com/2010/05/eleccion-de-la-planta-de-hormigon.html> [Último acceso: Noviembre 16 2021].
- Talleres Alquézar S.A., 2021. *Plantas modulares*. [En línea] Available at: <https://www.talleresalquezar.es/es/plantas-de-hormigon/plantas-de-hormigon-amasado-via-humeda/plantas-modulares/> [Último acceso: 16 Noviembre 2021].
- Talleres Alquézar S.A., 2021. *Plantas móviles de hormigón, telescopicas automontantes, SERIE GMT-DHA*. [En línea] Available at: <https://www.talleresalquezar.es/es/plantas-de-hormigon/plantas-de-hormigon-amasado-via-humeda/plantas-moviles-de-hormigon-telescopicas-automontantes-serie-gmt-dha/> [Último acceso: 20 Noviembre 2021].
- Talleres Alquézar S.A., s.f. *Plantas móviles de hormigón, telescopicas automontantes, SERIE GMT-DHA*. [En línea] Available at: <https://www.talleresalquezar.es/es/plantas-de-hormigon/plantas-de-hormigon-amasado-via-humeda/plantas-moviles-de-hormigon-telescopicas-automontantes-serie-gmt-dha/>
- Vikram Mittal, P., 2016. Ten Lessons learned about Host-Nation Construction in Afganistan. *Military Review*.





## ANEXOS

### ANEXO 1-ENCUESTAS

En el siguiente apartado, se analizan los resultados de las encuestas realizadas. Se debe de tener en cuenta que las encuestas se han realizada a oficiales que durante su trayectoria laboral se han encargado de la construcción de bases en ZO como Afganistán, Irak o Líbano. El personal se encuentra descentralizado por lo que es difícil encontrar más personas con esas características para obtener resultados más exactos.

La ficha técnica de la encuesta así como los resultados de la encuesta se pueden ver en la tabla 11, 12 y 13. También aparece la encuesta realizada. La encuesta constaba de 12 preguntas de respuesta abierta, una pregunta de opción múltiple y una pregunta en la que se pedía puntuar del 1 al 10 diferentes aspectos importantes a la hora de adquirir una planta de hormigón portátil.

<b>Tipo de Investigación</b>	Cuantitativa/ Cualitativa
<b>Objeto evaluado</b>	Deficiencias materiales construcción y adquisición de una planta de hormigón portátil para ZO.
<b>Ámbito de aplicación</b>	ET
<b>Población</b>	Se realizaron 7 encuestas.
<b>Población objeto</b>	Oficiales del ET que se hayan encargado de la construcción de bases en ZO.
<b>Técnica de recopilación de encuestas</b>	5 vía e-mail y 2 entrevistas
<b>Error muestral</b>	Calculado a partir de la desviación estándar.
<b>Fechas de campo</b>	17/SEP/2021 al 14/OCT/21

Tabla 15:Ficha técnica de las encuestas Fuente: Propia



Encuestados	Facilidad transporte marítimo	Facilidad transporte carretera	Poca mano de obra en montaje	No necesidad de medios auxiliares (grúas)	Rapidez de montaje	No necesidad de personal cualificado
Comandante 1	9,00	8,00	6,00	9,00	5,00	7,00
Comandante 2	8,00	8,00	5,00	9,00	6,00	6,00
Comandante 3	8,00	9,00	6,00	8,00	6,00	7,00
Capitán 1	7,00	8,00	6,00	8,00	5,00	6,00
Capitán 2	7,00	7,00	5,00	10,00	6,00	7,00
Capitán 3	9,00	7,00	7,00	9,00	5,00	6,00
Capitán 4	7,00	8,00	6,00	9,00	6,00	6,00
Desviación estándar	0,90	0,69	0,69	0,69	0,53	0,53
Media	7,86	7,86	5,86	8,86	5,57	6,43
Mediana	8,00	8,00	6,00	9,00	6,00	6,00
Ajuste (sobre 5)	3,93	3,93	2,93	4,43	2,79	3,21
Redondeo	4,00	4,00	3,00	4,00	3,00	3,00

Tabla 16: Datos estadísticos de las encuestas Fuente: Propia (Excel)

Autonomía de la máquina (Propia)	Coste de la máquina	Bajo mantenimiento	Precisión dosificación y mezcla del hormigón	Capacidad de producción hormigón	Facilidad desmontaje
9,00	6,00	7,00	9,00	7,00	7,00
8,00	5,00	7,00	8,00	6,00	8,00
9,00	5,00	6,00	9,00	7,00	7,00
9,00	4,00	8,00	8,00	6,00	6,00
8,00	5,00	7,00	7,00	6,00	7,00
7,00	6,00	7,00	9,00	7,00	8,00
9,00	5,00	6,00	9,00	8,00	8,00
0,79	0,69	0,69	0,79	0,76	0,76
8,43	5,14	6,86	8,43	6,71	7,29
9,00	5,00	7,00	9,00	7,00	7,00
4,21	2,57	3,43	4,21	3,36	3,64
4,00	31,00	3,00	4,00	3,00	4,00

Tabla 17: Datos estadísticos de las encuestas Fuente: Propia (Excel)



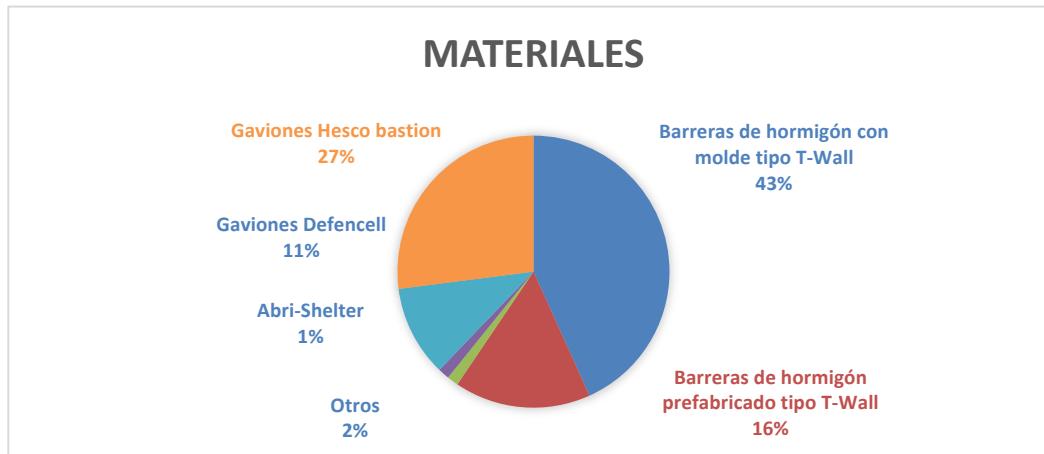
## ENCUESTA REALIZADA

1. ¿Con qué tipo de materiales ha trabajado en Zona de Operaciones?
2. ¿Qué medios dispuso para su montaje?
3. ¿Cómo adquirió los materiales (se los hicieron llegar hasta ZO desde territorio nacional, desde territorios próximos a ZO, proveedores de la zona...)?
4. ¿Cómo adquirió los medios (grúas...)?
5. ¿Los materiales y los medios eran fáciles de conseguir en ZO?
6. Si adquirió los materiales de construcción en ZO, ¿Sabe de cuántos proveedores disponía?
7. ¿Necesitó mano de obra local?
8. Si adquirió algún tipo de material (hormigón, cemento...) en ZO, ¿Tuvo alguna complicación (calidad de los materiales, tiempos de espera...)?
9. ¿Dónde desarrolló los trabajos de construcción?
10. ¿Los materiales que utilizó daban la posibilidad de reutilizarse para construcciones futuras?
11. ¿Sabe si se realizó un reconocimiento inicial de la zona para saber qué materiales se podían conseguir en zona local?
12. En cuánto al material adquirido en ZO (hormigón, grava...) ¿se podía conseguir algún certificado de calidad o existía la posibilidad de analizar el material que le estaban proporcionando?
13. Si el ET adquiriese una planta de hormigón portátil para trabajar en ZO. ¿Lo vería positivo?
14. Por favor, valore del 0 (menos importante) al 10 (más importante) los aspectos siguientes que según su punto de vista debería cumplir una planta de hormigón portátil.
  - Facilidad de la planta de hormigón portátil para ser transportada por mar
  - Facilidad de la planta de hormigón portátil para ser transportada por carretera
  - Posibilidad de montaje de la máquina con poca mano de obra
  - No necesidad de requerir medios auxiliares para su montaje (Grúas...)
  - Rapidez de montaje
  - No necesidad de personal cualificado para su uso
  - Autonomía de la máquina (comprar en vez de alquilar en ZO)
  - Coste de la máquina
  - Bajo mantenimiento de la máquina
  - Precisión en la dosificación y mezcla del hormigón
  - Capacidad de producción del hormigón
  - Facilidad de desmontaje



## RESUMEN DE LAS ENCUESTAS

### 1. ¿Con qué tipo de materiales ha trabajado en Zona de Operaciones?



### 2. ¿Qué medios dispuso para su montaje?

Dependiendo del material utilizado los medios que disponían para su montaje variaban. Los prefabricados se colocaban con grúas y con un manipulador telescopico. Los gaviones se extendían ayudándose de un manipulador telescopico o bien una retropala con pinzas portapalet. Se destacan otros medios como plumas, retroexcavadoras y herramienta manual como palas en casos donde no les fue posible adquirir material de obra.

### 3. ¿Cómo adquirió los materiales (se los hicieron llegar hasta ZO desde territorio nacional, desde territorios próximos a ZO, proveedores de la zona...)?

Los materiales principalmente eran adquiridos a través de proveedores locales. En raras ocasiones se recibía material desde TN. Algunos materiales provenían de países aliados cercanos a la zona o de almacenes gestionados por la ONU.

### 4. ¿Cómo adquirió los medios (grúas...)?

La mayoría de medios utilizados como las grúas eran alquilados a empresas locales. En otros casos se transportaban desde TN en avión como es el caso de Irak.

### 5. ¿Los materiales y los medios eran fáciles de conseguir en ZO?

Los áridos y el cemento si que eran fáciles de adquirir ya que previamente a la llegada del contingente se establecían convenios con proveedores locales. También en zonas de conflicto, ya existía un tejido industrial en torno a estos materiales. Sin embargo, todos los sujetos destacan problemas a la hora de adquirir maquinaria y materiales más complejos como el hormigón o materiales eléctricos. Estos materiales no cumplían con los estándares de PPT o no tenían una duración de proyecto adecuada.



## 6. Si adquirió los materiales de construcción en ZO, ¿Sabe de cuántos proveedores disponía?

Generalmente entre 1 o 2 proveedores de cada familia (áridos, cemento, aceros y ferretería). Se menciona la corrupción y el elevado precio a la hora de adquirir materiales y medios.

## 7. ¿Necesitó mano de obra local externa al contingente?



## 8. Si adquirió algún tipo de material (hormigón, cemento...) en ZO, ¿Tuvo alguna complicación (calidad de los materiales, tiempos de espera...)?

Se mencionan problemas a la hora de suministrar hormigón, materias primas y material eléctrico. En el suministro de hormigón en cuba los proveedores eran muy impuntuales llegando a demorarse hasta varias horas. Además trataban de engañar en las cantidades y en la consistencia del hormigón. Se realizaban pruebas constantemente para comprobar la calidad del hormigón. Se solía utilizar el cono de Abrams, esclerómetros y hasta en algunas ocasiones taladros con martillos de demolición para ver y medir las armaduras en caso de que se tratase de piezas prefabricadas.

La zahorra que se solicitaba en muchas ocasiones era grava, y los áridos requerían un control por parte del personal militar para comprobar tamaños.

El material eléctrico en muchas ocasiones era de origen chino y no cumplía con la duración de proyecto.

## 9. ¿Dónde desarrolló los trabajos de construcción?

Tres de los encuestados en Afganistán, uno en Irak y dos en Líbano. También mencionan en bases militares y puestos avanzados tanto propios como de ejércitos aliados.

## 10. ¿Los materiales que utilizó daban la posibilidad de reutilizarse para construcciones futuras?

No se reutilizaban, a excepción de los prefabricados de hormigón pero en rara ocasión.

## 11. ¿Sabe si se realizó un reconocimiento inicial de la zona para saber qué materiales se podían conseguir en zona local?

Todos afirman que la unidad con la que desplegaban realizó reconocimientos previos. Sin embargo se resalta la necesidad de que sean las unidades de ingenieros. Se destaca un caso en Irak, en el que este reconocimiento fue realizado por intendentes y al no conocer el precio de mercado se crearon problemas. Por ejemplo, se negoció el precio del  $m^3$  de hormigón en torno a 500\$ y al llegar a zona la unidad de ingenieros el precio bajó a 100\$.



**12. En cuánto al material adquirido en ZO (hormigón, grava...) ¿se podía conseguir algún certificado de calidad o existía la posibilidad de analizar en un laboratorio el material que le estaban proporcionando?**

Ninguno de los encuestados consiguió durante su instancia certificados de calidad de los materiales.

**13. Si el ET adquiriese una planta de hormigón portátil para trabajar en ZO. ¿Lo vería positivo?**

La posibilidad de adquirir una planta de hormigón portátil solventaría muchos de los problemas a los que los ingenieros se tienen que enfrentar en ZO. Si se consiguiese que la planta estuviese gestionada plenamente por la unidad de ingenieros se dejaría de depender de empresas locales que en muchas ocasiones lo único que quieren es obtener beneficios de los contingentes militares extranjeros. Se mencionan como principales problemas el transporte de la máquina hasta ZO y la adquisición de áridos desde TN.

**14. Por favor, valore del 0 (menos importante) al 10 (más importante) los aspectos siguientes que según su punto de vista debería cumplir una planta de hormigón portátil**

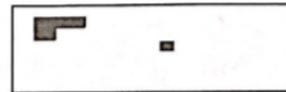
Para consultar las puntuaciones, véase Tabla 16 y Tabla 17 de este mismo anexo.



## ANEXO 2- INFORME CALMI PRUEBAS DE HORMIGÓN

Se adjunta un informe de los resultados obtenidos de un ensayo a compresión de hormigones proporcionado por la empresa “Calmi” en Melilla. Se resaltan los resultados obtenidos en el ensayo del Cono de Abrams y la resistencia a compresión media del hormigón tras 10 y 28 días.

SIAM INGENIERIA Y CONTROL  
C/ Gral Astilleros nº 3, 52006 MELILLA



ENSAYO A COMPRESIÓN DE HORMIGONES	07-28	Informe nº: 205-20
RESULTADO DE ROTURA A LA EDAD DE:	días	Fecha toma: 29/09/2020

Obra Nº	Proyecto:	CHALET MERCADO MAYORISTA
010-01	Cliente/Contratista:	CALMI
	Domicilio/Situación obra:	CHALET MERCADO MAYORISTA
ENSAYOS CONTRASTE AUTOCONTROL		Serie: 3

FCK	ALBARAN	Nº	CAMION	CONO	HORA	FECHA ROTURA	ROTURA	PROBETA	Tensión de Rotura	
									kp/cm <sup>2</sup>	Mpa
25	A2430	24	6401FJL	10	11:00	06/10/2020	7 DIAS	2020-205-001	242,6	23,8
								2020-205-002	243,6	23,9
RESISTENCIA MEDIA 7 DÍAS									23,9	
25	A2430	24	6401FJL	10	11:00	27/10/2020	28 DIAS	2020-205-003	304,5	29,8
								2020-205-004	310,2	30,4
RESISTENCIA MEDIA 28 DÍAS									30,1	

0

Zona hormigonada.....:	TECHO
Proovedor.....:	CALMISA
Tipo de Hormigón (Completo).....:	HA-25/B/20/IIa
Tipo de Cemento/Marca/Aditivo/Relación A/C.:	CEM II/A-LL 42,5 R/ISOPLAST 1800/0,58

Observaciones: \_\_\_\_\_

DIRECTOR TÉCNICO
Fdo: CAROLINA POTOUS MERINO

ESTE INFORME CONSTA DE UNA SOLA HOJA Y RECOGE EL RESULTADO DEL ENSAYO DE ROTURA A COMPRESIÓN, DE PROBETAS CÚBICAS DE DE HORMIGÓN FRESCO DE 15 CM DE LADO, CON CURADO PREVIO EN AGUA A TEMPERATURA 20°C~2°C, UTILIZÁNDO MÁQUINA DE "CLASE 1" (PRECISIÓN ±1%). NORMATIVA APLICADA: UNE-EN 12390-2, 12350-2, 12390-3, 12390-4

El presente informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayos. El presente informe no deberá reproducirse parcialmente, sin la aprobación de nuestro Laboratorio

Laboratorio de Ensayos para el Control de Calidad de la Edificación y Obra Civil inscrito en el Registro del Código Técnico de la Edificación (C.T.E) mediante Declaración Responsable con Nº Registro Integrado Industrial 19-C-711-00002015



### ANEXO 3- ANÁLISIS DE RIESGOS

ID	Descripción riesgo	Categoría riesgo	Causa del riesgo	Impacto (H,M,L)	Probabilidad (1,2,3)	Clase riesgo	Efectos riesgo	Medida / Alternativas	Clase riesgo tras medida
1	Incremento de posible ataque a la COP	Táctico	La planta de hormigón es un objetivo de alta prioridad para el enemigo	H	2	2H	Ataque enemigo a la COP	Reforzar perímetro de seguridad, garitas, patrullas...	1M
2	Dedicación exclusiva del personal a la planta de hormigón	Táctico	Mientras la planta de hormigón esté en funcionamiento requiere de personal supervisando por lo que el personal no puede dedicarse a otras labores.	M	3	3M	No realizar otras labores de ingenieros en la COP	Realizar un cronograma para determinar tiempos, tajos, personal requerido y así saber cuándo es el mejor momento para hormigonar.	1L
3	Aumento de la seguridad de la base	Táctico	La planta de hormigón requiere un mayor control de la salida/entrada de camiones, hormigoneras, personal de la COP	H	3	3H	Mayor personal involucrado en la seguridad de la COP	Buenos relevos y control entre el personal situado en las entradas/salidas de la base. Informar adecuadamente de los vehículos y personal que vaya a entrar/salir de la base.	2M
4	Falta de área requerida de instalación para la planta de hormigón	Táctico	La planta de hormigón ha de estar dentro del perímetro de la COP pero requiere un espacio determinado para su correcto funcionamiento.	M	2	2M	La planta de hormigón no disponga del área suficiente y no se pueda poner en marcha	Delimitar en el proyecto inicial una zona para la planta de hormigón, depósito de áridos, entrada/salida hormigonera, silo de cemento.... Buena comunicación entre el encargado de la planta de hormigón y el ingeniero que realice el diseño de la COP.	1L
5	Retraso de la llegada de la planta de hormigón a la base (ruta logística)	Transporte/Logística	Retrasos en la ruta logística, aduanas, controles...	L	1	1L	Uso de otros materiales temporales como Heso-Bastión o sacos tereros hasta la llegada de la planta de hormigón. Además de contratar seguros.	Revisar continuamente el estado de la planta de hormigón durante el transporte e intentar anticiparse a los retrasos logísticos.	1L
6	Conflicto entre tejido industrial local y contingente	Gubernamental	Interpretación local de ocupación de territorio, acopio de materiales y no desarrollar su propia industria	H	3	3H	Malestar entre la población local y el contingente	Reuniones gubernamentales informando de la puesta en marcha de las plantas de hormigón móviles (no infravalorar los materiales locales ni empresas locales). Convencerles de la compra de materia prima en nación anfitriona	2L



ID	Descripción riesgo	Categoría riesgo	Causa del riesgo	Impacto (H,M,L)	Probabilidad (1,2,3)	Clase riesgo	Efectos riesgo	Medida / Alternativas	Clase riesgo tras medida
7	Desbordamiento por exceso de demanda	Logístico	Estudio erróneo de las necesidades y compra de una planta de hormigón no acorde a la demanda (planta de hormigón de baja producción m3/h)	H	1	1H	Averías, demora temporal en los tajos, uso de más mano de obra de la planificada...	Estudio previo a la compra de planta de hormigón de las necesidades (estudiar todos los factores posibles). Una vez comprada adaptarse (incrementar cubas de hormigón, incrementar la capacidad de la planta con maquinaria extra...)	1M
8	Industria local de áridos no esté conforme a la venta de áridos para el contingente	Logístico/ Gubernamental	El contingente depende de los áridos locales para la fabricación de hormigón, si la industria local no estuviera de acuerdo no se podría elaborarlo.	H	2	2H	Transporte de áridos desde TN o desde otras zonas contiguas.	Reconocimiento previo a la llegada del contingente a ZO para saber de qué materiales/servicios disponemos	1L
9	Avería en la planta de hormigón	Técnico	Cualquier fallo de la planta de hormigón que requiera una reposición de piezas o bien mano de obra especializada.	M	2	2M	Inoperatividad de la planta de hormigón y uso de otros materiales temporales (Hesco Bastion, sacos tereros...)	Prever posibles averías, preparación del personal mediante cursillos del uso de la planta, si los repuestos son indispensables estudiar la posibilidad de llevarlos a zona...	1L
10	No se logre hormigón con las características apropiadas	Técnico	Software encargado de la dosificación de materiales averiado	H	1	1H	Hormigón de calidad inferior a la que se necesita, por lo que se pueden llegar a paralizar las obras.	Prever posibles averías, preparación del personal mediante cursillos del uso de la planta, si los repuestos son indispensables estudiar la posibilidad de llevarlos a zona, reprogramación del software...	1L
11	No encontrar agua en la zona	Técnico	Falta reconocimiento previo o identificación de suelos arcillosos	H	2	2H	Inoperatividad de la planta de hormigón y uso de otros materiales temporales (Hesco Bastion, sacos tereros...)	Reconocimientos previos, fotos aéreas, planos, relación con la población civil, posibilidad de perforar pozos...	1L
12	Viabilidad de suministrar la potencia requerida por la planta de hormigón	Técnico	El ET no cuente con un grupo eléctrico capaz de suministrar la potencia que requiere	H	2	2H	Inoperatividad de la planta de hormigón	Previsión de carga de la máquina y estudio de los grupos eléctricos con los que cuenta el ET previo a la compra de la máquina	1L



## ANEXO 4- DOCUMENTACIÓN PLANTA DE HORMIGÓN



Ref.: M-DHA-60

Oferta 21-0034-1-424

**MARICARMEN GARCÍA**



**Zaragoza, 26 de octubre de 2021.**

Consta la siguiente oferta de una Planta Modular de Amasado de Hormigón modelo M-DHA-60, con Mezcladora de doble eje horizontal modelo 2.500/1.675 (1,67 m<sup>3</sup>), todo ello según plano orientativo C-12.830D y de acuerdo a la siguiente descripción:

### FICHA TÉCNICA:

Tipo de instalación	Planta Modular de Amasado de Hormigón
Modelo	M-DHA-60
Producción (m <sup>3</sup> /h)	60
Capacidad de ciclo (m <sup>3</sup> )	1,67
Tipo de hormigón	Amasado
Número de tolvas de árido	4 en cruz
Capacidad de tolvas de árido (m <sup>3</sup> )	4 x 10 (40 m <sup>3</sup> totales)
Dosificación de áridos	Cinta pesadora CIP- 800 x 8,36 m
Elevación de áridos	Cinta elevadora TBC- 800 x 12 m
Número de silos de cemento	1
Capacidad silos	60 m <sup>3</sup>
Accesorios silos de cemento	Incluidos
Dosificación de cemento	Báscula de cemento BC- 1.000 Kgs.
Dosificación de agua	Báscula de agua BA- 400 Ltrs.
Cabina de mandos	Cabina prefabricada incluida.
Cuadro de mandos	Incluido (Equipo PROIN)
Transporte	No Incluido
Dosificación y pesaje de aditivos	Incluidos en opcional
Juego chapas de contención	Incluidos en opcional

Página - 1

TALLERES ALQUEZAR, S.A.

Polígono Industrial Malpica • Calle F, naves 19-20 • 50016- ZARAGOZA, ESPAÑA  
 Tel. +34 976 57 24 10 • Fax +34 976 57 39 89 • [www.talleresalquezar.es](http://www.talleresalquezar.es) • E-mail: [info@talleresalquezar.es](mailto:info@talleresalquezar.es)



Ref.: M-DHA-60

Oferta 21-0034-1-424

### OFERTA ECONÓMICA:

- RELACION DE MAQUINAS Y ELEMENTOS PLANTA M-DHA-60:

CANT.	MÁQUINA / ELEMENTO
1	<p>Batería de áridos en Cruz 4 Tolvas / 10 m<sup>3</sup> unidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 4 x 10 m<sup>3</sup> (40 m<sup>3</sup> totales)</li> <li>- Longitud total batería: 7.000 mm.</li> <li>- Anchura lado descarga: 3.400 mm. (carga pala)</li> <li>- Conos fabricados en espesor 5 mm.</li> <li>- Realces fabricados en espesor 4 mm.</li> </ul> 
8	Cierres de casco neumáticos.
4	Vibradores eléctricos.
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Potencia: 1 x 0,45 Kw.</li> </ul>
1	<p>Cinta pesadora CIP- 800 x 8,36 m.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Longitud entre centro de tambores: 8.360 mm.</li> <li>- Potencia: 1 x 15 Kw.</li> <li>- <u>*NOTA:</u> Juego elementos de seguridad para cumplimiento de normativa CE.</li> </ul> 

Página - 2

TALLERES ALQUEZAR, S.A.

Polígono Industrial Malpica • Calle F, naves 19-20 • 50016- ZARAGOZA, ESPAÑA  
 Tel. +34 976 57 24 10 • Fax +34 976 57 39 89 • [www.talleresalquezar.es](http://www.talleresalquezar.es) • E-mail: [info@talleresalquezar.es](mailto:info@talleresalquezar.es)



Ref.: M-DHA-60

Oferta 21-0034-1-424

CANT.	MÁQUINA / ELEMENTO
1	<p>Cinta elevadora TBC- 800 x 12 m.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Banda nervada (32°)</li> <li>- Potencia: 1 x 18,5 Kw.</li> <li>- <u>*NOTA:</u> Juego elementos de seguridad para cumplimiento de normativa CE.</li> </ul> 
1	Juego de apoyos de cinta elevadora.
1	Pasarela de visita y revisión en cinta, con escaleras de acceso.
1	<p>Mezcladora de doble eje horizontal 2.250/1.675:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacidad de hormigón amasado por ciclo: 1,67 m<sup>3</sup>.</li> <li>- Potencia: 1 x 55 Kw.</li> <li>- Hidráulico (Potencia 1 x 1,0 Kw.)</li> </ul> 
1	<p>Tolva de descarga bajo mezcladora.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vibrador eléctrico: 1 x 0,18 Kw.</li> </ul>



Ref.: M-DHA-60

Oferta 21-0034-1-424

CANT.	MÁQUINA / ELEMENTO
1	Báscula de cemento BC- 1.000 Kgs.
	
1	Compuerta neumática de cierre bascula de cemento. - Diámetro: 250 mm.
1	Báscula de agua BA- 400 Ltrs.
1	Compuerta neumática de cierre báscula de agua. - Diámetro: 100 mm.
1	Estructura de apoyo Amasadora y básculas: - Dimensiones base de apoyo: 4.700 x 1.675 mm. - Altura piso revisión Amasadora: 4.800 mm. - Altura piso revisión Básulas: 7.860 mm. - Barandillas de protección.
	
1	Instalación subida de agua desde pie de estructura hasta báscula de agua. - Incluye contador de impulsos para corrección. *NOTA: No incluye Grupo Motobomba para impulsión de aguas que será suministrado por parte del cliente.
1	Sistema de medida y control de consistencia de hormigón: - Kilowatímetro + Preselección. - Contador de agua de dilución.



Ref.: M-DHA-60

Oferta 21-0034-1-424

CANT.	MÁQUINA / ELEMENTO
1	Instalación neumática: - Compresor: 1 x 4,0 Kw. (270 Litros)
1	Cabina de mandos prefabricada: - Dimensiones: 2.500 x 2.150 mm. (Altura: 2.300 mm.) *NOTA: No incluye Equipo de Aire Acondicionado.
1	Cuadro de mandos y materiales eléctricos. - Equipo de mando PROIN. - Sistema de arranque electrónico en mezcladora. - Impresora para impresión de albaranes. - Prevista con conectores y enchufes rápidos tanto en fuerza como en maniobra. - Control remoto. - Corrección arena/agua. - Archivo de informe de lotes (ciclo) - Programa de mantenimiento. - Funciones de control. • NOTA: Cuadro de mandos situado a una distancia no superior a 10 m. de la mezcladora.
    	
<b>SUBTOTAL NETO</b> <b>MÁQUINAS Y ELEMENTOS PLANTA M-DHA-60 (€)</b>	
<b>240.000</b>	

Página - 5

TALLERES ALQUEZAR, S.A.

Polígono Industrial Malpica • Calle F, naves 19-20 • 50016- ZARAGOZA, ESPAÑA  
 Tel. +34 976 57 24 10 • Fax +34 976 57 39 89 • [www.talleresalquezar.es](http://www.talleresalquezar.es) • E-mail: [info@talleresalquezar.es](mailto:info@talleresalquezar.es)



Ref.: M-DHA-60

Oferta 21-0034-1-424

- **1 SILO DE CEMENTO SC- 60 t Y ACCESORIOS:**

CANT.	MÁQUINA / ELEMENTO	PRECIO (EURO)
1	<b>SILO DE CEMENTO DE 60 t</b> Diámetro del silo: 2.400 mm. Altura libre bajo boca de descarga: 1.500 mm. Boca de descarga de 300 mm. de diámetro. Construcción enteramente metálico y electrosoldado. Apoyado sobre cuatro patas convenientemente arriostradas. Escalera de acceso silo tipo gato con protección. Barandillas en techo silo construidas en perfil tubular electrosoldado. Tubería de llenado silo. Capacidad del silo: 60 Tn. Densidad considerada: 1,2.	13.557
1	<b>COMPUERTA MANUAL DE CIERRE DE SILOS</b> Diámetro: 300 mm.	314
1	<b>SISTEMA DE FLUIDIFICACIÓN DE CEMENTO EN FONDO SILOS</b> Compuesto por seis boquillas, electroválvulas de 3/8", tuberías y raccordaje.	988
1	<b>FILTRO DE CEMENTO NEUMÁTICO SILOTOP</b> Filtro redondo de cartuchos especiales POLYPLEAT, en acero inoxidable y polímero, con siete cartuchos de material sintético y con sistema de limpieza por aire comprimido. Superficie filtrante: 24,5 m <sup>2</sup> . Altura del filtro: 1.145 mm. Diámetro exterior: 800 mm. Presión de trabajo: 6-7 bar.	2.175
1	<b>VÁLVULA DE SEGURIDAD, PRESIÓN-DEPRESIÓN</b> Válvula de seguridad para silo de cemento, tipo seta colocada en la parte superior. Tipo: Presión - Depresión.	674
1	<b>JUEGO DE NIVELES ROTATIVOS DE MÁXIMA Y MÍNIMA</b>	1.007

Página - 6

TALLERES ALQUEZAR, S.A.

Polígono Industrial Malpica • Calle F, naves 19-20 • 50016- ZARAGOZA, ESPAÑA  
 Tel. +34 976 57 24 10 • Fax +34 976 57 39 89 • [www.talleresalquezar.es](http://www.talleresalquezar.es) • E-mail: [info@talleresalquezar.es](mailto:info@talleresalquezar.es)



Ref.: M-DHA-60

Oferta 21-0034-1-424

CANT.	MÁQUINA / ELEMENTO	PRECIO (EURO)
1	<b>SINFÍN DE CEMENTO SFC- 225 X 13,1 m</b> Longitud entre bocas: 13.100 mm. Diámetro del tubo: 225 mm. Hélice de 200 mm. de diámetro y 200 mm. de paso, siendo éste progresivo en la zona de carga. Potencia: 1 x 15 Kw. Producción: 40 Tn/hora. Soportes de rodamientos exteriores, fuera de todo contacto con el cemento.	5.785
<b>SUBTOTAL, 1 SILO DE CEMENTO SC-60 t + ACCESORIOS (€)</b>		24.500

Página - 7

TALLERES ALQUEZAR, S.A.

Polígono Industrial Malpica • Calle F, naves 19-20 • 50016- ZARAGOZA, ESPAÑA  
 Tel. +34 976 57 24 10 • Fax +34 976 57 39 89 • [www.talleresalquezar.es](http://www.talleresalquezar.es) • E-mail: [info@talleresalquezar.es](mailto:info@talleresalquezar.es)



Ref.: M-DHA-60

Oferta 21-0034-1-424

- ELEMENTOS OPCIONALES:**

CANT.	MAQUINA / ELEMENTO	PRECIO (Euros)
1	BASCULA DE ADITIVOS LIQUIDOS: - Bascula 4 vasos 20 Ltrs. Inoxidable descarga por gravedad. - 4 sistemas de dosificación de aditivos por bomba centrífuga. - Instalación Tubería bascula de aditivos.	6.804
1	Juego chapas de contención metálicas para la batería de tolvas (por ambos lados)	5.510
<b>SUBTOTAL NETO ELEMENTOS OPCIONALES (€)</b>		<b>12.314</b>

Página - 8

TALLERES ALQUEZAR, S.A.

Polígono Industrial Malpica • Calle F, naves 19-20 • 50016- ZARAGOZA, ESPAÑA  
 Tel. +34 976 57 24 10 • Fax +34 976 57 39 89 • [www.talleresalquezar.es](http://www.talleresalquezar.es) • E-mail: [info@talleresalquezar.es](mailto:info@talleresalquezar.es)



Ref.: M-DHA-60

Oferta 21-0034-1-424

- MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA**

MAQUINA / ELEMENTO	PRECIO (EURO)
Montaje en obra y puesta en marcha de todos los elementos detallados en este presupuesto.	13.440
<b>SUBTOTAL NETO MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA (€)</b>	<b>13.440</b>



Ref.: M-DHA-60

Oferta 21-0034-1-424

- TRANSPORTE

CANT.	MAQUINA / ELEMENTO	PRECIO (Euros)
1	Transporte de todos los elementos detallados en la oferta	NO INCLUIDO
<b>SUBTOTAL NETO TRANSPORTE (€)</b>		NO INCLUIDO



Ref.: M-DHA-60

Oferta 21-0034-1-424

• **RESUMEN GENERAL:**

CANT.	MAQUINA / ELEMENTO	PRECIO (Euro)
1	<b>MÁQUINAS Y ELEMENTOS PLANTA M-DHA-60</b>	240.000
1	<b>SILO DE CEMENTO SC- 60 m<sup>3</sup> Y COMPLEMENTOS</b>	24.500
1	<b>MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA</b>	13.440
1	<b>TRANSPORTE</b>	NO INCLUIDO
<b>TOTAL, GENERAL NETO PLANTA HOMIGÓN M-DHA-60 - 1,67 m<sup>3</sup> (€)</b>		<b>277.940</b>

CANT.	MAQUINA / ELEMENTO	PRECIO (Euro)
1	<b>ELEMENTOS OPCIONALES</b> - Bascula de aditivos 4 vasos/20 Ltrs. - Chapas de contención.	12.314
<b>TOTAL, GENERAL NETO PLANTA HOMIGÓN M-DHA-60 - 1,67 m<sup>3</sup> CON OPCIONALES (€)</b>		<b>290.254</b>



**Alquezar**



Ref.: M-DHA-60

Oferta 21-0034-1-424

• **FOTOS DE LA INSTALACIÓN:**



