

**Máster Universitario en Energías Renovables**  
**Escuela de Arquitectura**

TRABAJO FIN DE MÁSTER

**Análisis de Viabilidad para el Aprovechamiento del Recurso Eólico y  
Solar en la Cobertura de la Demanda Eléctrica en Islas de San  
Andrés**

Tutor:	José Miguel Márquez Martinon
Autores:	Harold Enrique Arroyo Barros
	Diego Alberto López Osorio
	Alejandro Castro Alzate
	Sergio Augusto Beltrán Gómez
	Fabián Miguel Contreras García

Abril 2025

## Anexo 5

### ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD



## Índice de contenido

1	Objetivo.....	5
2	Justificación.....	5
3	Marco normativo .....	5
4	Coordinación de actividades empresariales .....	6
5	Datos del Proyecto.....	6
5.1	Promotor y autor del Proyecto.....	6
5.2	Plazo de ejecución y presupuesto .....	6
5.3	Descripción del proyecto.....	6
5.4	Descripción del emplazamiento .....	7
6	Centros de asistencia sanitaria .....	8
7	Riesgos generales y prevención .....	9
7.1	Identificación de riesgos.....	9
7.2	Medidas Preventivas .....	9
7.3	Plan de Emergencia .....	10
8	Evaluación de Riesgos en el Proceso Constructivo .....	10
8.1	Medidas Preventivas a disponer en Obra.....	11
	Medidas generales.....	11
8.2	Prescripciones técnico-preventivas de carácter general.....	12
8.3	Riesgos de cada unidad constructiva y su prevención .....	13
9	Trabajos con Riesgo Especial .....	16
10	Plan de Evaluación y Seguimiento .....	17

## **Índice de tablas**

Tabla 1 Potenciales ubicaciones de aerogenerador offshore.....	7
Tabla 2 ubicación sistema solar fotovoltaico.....	7

## **Índice de graficas**

Ilustración 1 Ubicación sistema solar fotovoltaico .....	8
--	---

## **1 Objetivo**

Este Estudio de Seguridad y Salud (ESS) básico, se desarrolla en el marco del proyecto de "Análisis de Viabilidad para el Aprovechamiento del Recurso Eólico y Solar en la Cobertura de la Demanda Eléctrica en Islas de San Andrés" considerando a futuro, durante la fase de ejecución, la instalación de un aerogenerador offshore y la construcción de un parque fotovoltaico. El objetivo es garantizar la seguridad y salud de todos los trabajadores durante la fase de construcción, identificando riesgos laborales y proponiendo medidas preventivas adecuadas.

## **2 Justificación**

La obra, por su alcance, dimensiones y naturaleza, implica riesgos laborales significativos, como el manejo de maquinaria pesada en altamar, la posibilidad de caídas o inundaciones del sitio de trabajo y la presencia de riesgos eléctricos. Por tanto, es fundamental un ESS que garantice el cumplimiento de la normativa vigente y la protección de la integridad física y mental de los trabajadores.

## **3 Marco normativo**

Las principales normativas que regulan este tipo de proyecto en Colombia son:

### **Leyes**

- **Ley 1562 de 2012:** Define las responsabilidades de empleadores y trabajadores, establece programas de prevención, y regula la investigación de accidentes y enfermedades laborales.
- **Ley 9 de 1979:** Obliga a los empleadores a adoptar medidas para proteger la salud de los trabajadores.
- **Ley 1616 de 2013:** Regula la atención de la salud mental en el trabajo.

### **Decretos**

- **Decreto 1295 de 1994:** Define el Sistema General de Riesgos Profesionales.
- **Decreto 1072 de 2015:** Compila y regula la normativa existente en SST, y establece los requisitos para implementar el SG-SST.

### **Resoluciones**

- **Resolución 2764 de 2022:** Adopta instrumentos de evaluación y guías de intervención para identificar, evaluar, y monitorear factores de riesgo psicosocial.

## Otras normas

- OSHAS 18001.
- ISO/DIS 45001, norma de la Organización Internacional de Normalización (ISO) sobre la SST.

## 4 Coordinación de actividades empresariales

Se establecerá una coordinación entre todas las empresas contratistas y subcontratistas que intervengan en la obra. El Coordinador de Seguridad y Salud supervisará la aplicación de medidas preventivas.

## 5 Datos del Proyecto

### 5.1 Promotor y autor del Proyecto

- Promotor: Gobierno de Colombia. Alcaldía de San Andrés.
- Autor(es) del Proyecto: Grupo de trabajo #3 TFM en energías renovables de la Universidad Europea, ingenieros Harold Arroyo, Diego López, Alejandro Castro, Sergio Beltrán y Fabián Contreras.

### 5.2 Plazo de ejecución y presupuesto

- Plazo: 5 años y 6 meses.
- Presupuesto de ejecución: 40 millones de dólares americanos.

### 5.3 Descripción del proyecto

- **Título:** "Análisis de Viabilidad para el Aprovechamiento del Recurso Eólico y Solar en la Cobertura de la Demanda Eléctrica en la Isla de San Andrés".
- **Alcance:** Instalación de una turbina eólica offshore Adwen AD8-180, ubicada a 151 metros de la costa y en un punto a 10 metros de profundidad, combinada con una planta solar terrestre de 3.5 MW, con el objetivo conjunto de cubrir aproximadamente el 30% de la demanda horaria eléctrica de la isla de San Andrés.

## 5.4 Descripción del emplazamiento

- Colombia, en particular San Andrés, no cuenta con estaciones climáticas determinadas, sino con periodos de lluvias y sequías.
- La temperatura promedio a lo largo del año en San Andrés oscila entre los 25°C y 28°C. (IDEAM, 2025)
- Su ubicación geográfica, exactamente en la costa caribe, hace que este lugar se encuentre expuesto a una radiación solar aproximadamente constante a lo largo del año, sin embargo, las lluvias y nubosidades pueden alterar el promedio de radiación solar mensual.

Para determinar las zonas de estudio se tuvieron en cuenta factores que faciliten la implementación del proyecto, tales como:

- Mitigación o disminución de los riesgos
- Menor requerimiento de presupuesto de inversión
- Control, mitigación de impactos ambientales, sociales y/o económicos
- Asequibilidad de conexión a la red del Archipiélago de San Andrés
- Cercanía a los centros de consumo.
- Acceso a vías y puertos

El proyecto se ubica en áreas no superpuestas con zonas de conservación estricta, pero dentro de los límites del Área Marina Protegida (AMP) Seaflower, lo que condiciona fuertemente el diseño, permisos y operación de la iniciativa.

### Ubicación aerogenerador offshore

Para el aerogenerador turbina eólica offshore Adwen AD8-180, luego de descartar múltiples alternativas ubicaciones, se considera como potenciales ubicaciones las siguientes:

Nombre Ubicación	Latitud (°)	Longitud (°)	Profundidad (m)
SITE 02	12,530164	-81,736912	-10,1
SITE 04	12,545894	-81,777288	-374,5

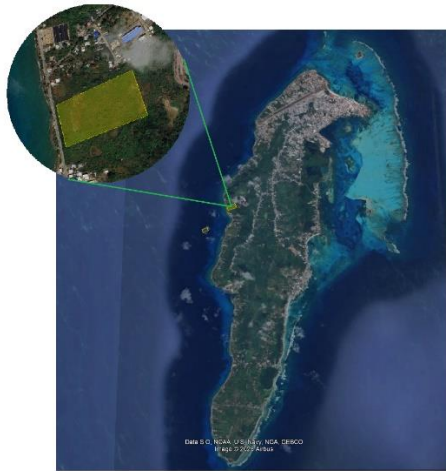
*Tabla 1 Potenciales ubicaciones de aerogenerador offshore*

### Ubicación parque solar fotovoltaico onshore

La ubicación escogida para el parque solar fotovoltaico onshore corresponde a las siguientes coordenadas y se muestra en la siguiente ilustración

Nombre Ubicación	Latitud (°)	Longitud (°)
SITE 01	12,551112	-81,730496

*Tabla 2 ubicación sistema solar fotovoltaico*



*Ilustración 1 Ubicación sistema solar fotovoltaico*

## 6 Centros de asistencia sanitaria

### Hospitales

- **Hospital Clarence Lynd Newball Memorial Hospital:** Hospital con capacidad de prestar servicios de salud de II nivel de complejidad completo y algunos servicios de III nivel
- **ESE Hospital Departamental de San Andrés, Providencia y Santa Catalina:** Hospital departamental de San Andrés, Providencia y Santa Catalina

### Clínicas

- **Clínica Villareal Centro Internacional San Andrés Isla Centro Médico Villa Real:** Clínica que ofrece servicios de hospitalización, urgencias, estudios diagnósticos, laboratorio, imagenología, cirugía ambulatoria y hospitalaria
- **Clínica General del Norte Unidad de Atención Ambulatoria:** Centro de atención ambulatoria

### Unidades de atención ambulatoria

- **Centro Médico Insular SAS:** Centro médico en San Andrés.
- **UPRES (Unidad Prestadora de Salud):** Unidad Prestadora de Salud en San Andrés.



## **7 Riesgos generales y prevención**

### **7.1 Identificación de riesgos**

#### Riesgos geológicos:

- Inestabilidad del terreno.
- Erosiones por oleaje marino.

#### Riesgos laborales:

- Caídas de altura durante el montaje de los equipos y otras estructuras.
- Manejo de maquinaria pesada en zonas de acceso difícil.

#### Riesgos medioambientales:

- Alteración de hábitats protegidos.
- Contaminación del mar por residuos de obra.

#### Riesgos hidrológicos:

- Inundaciones por crecidas del mar.
- Colapso de estructuras por fallos en el montaje.

### **7.2 Medidas Preventivas**

#### Seguridad durante la Construcción

- Planes de emergencia: Diseñar planes específicos para evacuaciones, incendios y crecidas.
- Formación y equipamiento: Garantizar que todo el personal cuente con formación en seguridad y equipo de protección personal.
- Señalización: Colocar señales de advertencia en las áreas de riesgo.
- Supervisión técnica: Contar con personal especializado para supervisar las condiciones geológicas y estructurales.

#### Seguridad estructural

- Diseño resistente: Las estructuras deben cumplir los márgenes de seguridad estructural establecidos en los reglamentos y normatividad que aplique.

- Monitoreo continuo: Instalar sistemas de monitoreo para detectar posibles fallos estructurales.

#### Seguridad ambiental

- Instalar barreras de protección para mitigar afectación en los puntos de trabajo.
- Restauración ambiental: Rehabilitar las áreas afectadas por las obras una vez finalizadas las actividades.

### **7.3 Plan de Emergencia**

El plan de emergencia se diseña para dar respuesta rápida y eficaz ante cualquier incidente en la obra. Las acciones incluyen:

- Identificación de riesgos potenciales: Inundaciones, incendios, accidentes de maquinaria, descargas eléctricas y caídas de altura.
- Establecimiento de equipos de respuesta: Personal capacitado para actuar en primeros auxilios, control de incendios y evacuación.
- Medios de comunicación: Sistemas de comunicación interna (radios y teléfonos de emergencia) y contacto directo con servicios externos como bomberos, ambulancias y policía.
- Señalización de puntos de evacuación: Zonas seguras claramente identificadas y rutas de evacuación adecuadas.
- Simulacros periódicos: Realización de simulacros para evaluar la eficacia del plan y mejorar la coordinación de las acciones.
- Equipos de emergencia: Extintores, botiquines de primeros auxilios, alarmas y sistemas de corte de energía.

El plan será revisado de forma regular para incorporar mejoras y adaptarse a las condiciones cambiantes del proyecto.

## **8 Evaluación de Riesgos en el Proceso Constructivo**

El Estudio de identificación y evaluación de los riesgos potenciales existentes en cada fase de las actividades constructivas o por conjuntos de tajos de las obras proyectadas, se lleva a cabo mediante la detección de necesidades preventivas en cada una de dichas fases, a través del análisis del proyecto y de sus definiciones, sus

previsiones técnicas y de la formación de los precios de cada unidad de obra, así como de las prescripciones técnicas contenidas en su pliego de condiciones.

## **8.1 Medidas Preventivas a disponer en Obra**

### **Medidas generales**

Para asegurar el adecuado nivel de seguridad laboral en el ámbito de la obra, son necesarias una serie de medidas generales a disponer en la misma, no siendo éstas susceptibles de asociarse inequívocamente a ninguna actividad o maquinaria concreta, sino al conjunto de las obras. Estas medidas generales serán definidas concretamente y con el detalle suficiente en el Plan de Seguridad y Salud de las obras.

### **Medidas preventivas a establecer en las diferentes actividades constructivas**

En función de los factores de riesgo y de las condiciones de peligro analizadas y que se han de presentar en la ejecución de cada una de las fases y actividades a desarrollar en la obra, las medidas preventivas y protectoras a establecer durante su realización son, en cada caso, las enunciadas en los apartados que siguen.

Sin perjuicio del uso de protecciones individuales indicadas para cada uno de los riesgos específicos señalados en los apartados posteriores, se considera obligatorio para toda persona integrante de la obra los siguientes equipos de protección individual, que deberán contar con su correspondiente etiquetado:

- Casco de seguridad con desnudador.
- Gafas de montura de acetato.
- Faja elástica para protección de sobreesfuerzos.
- Amortiguador de ruido fabricado con casquetes ajustables de almohadillas recambiables.
- Par de tapones anti-ruido fabricados con silicona moldeable.
- Par de guantes homologados.
- Par de botas de agua monocolor de seguridad.
- Par de botas de seguridad con puntera y plantilla metálica.
- Mascarilla de polvos tóxicos FFP2 con válvulas desechables.
- Traje impermeable completo, compuesto por chaqueta y pantalón.

- Peto reflectante color amarillo homologado.

Si existieran excepciones para el uso de este equipamiento (falta de casco en trabajos de aglomerado, uso de botas de goma en vez de botas de seguridad en hormigonado de tableros, etc.), el contratista justificará, técnicamente y en el Plan de Seguridad, dichas excepciones.

## **8.2 Prescripciones técnico-preventivas de carácter general**

Se definen prescripciones preventivas generales para las actividades y riesgos comunes en obra:

- **Caídas en altura:** El contratista debe incluir en el plan de seguridad medidas preventivas colectivas (barandillas, redes, etc.) para todo trabajo a más de 1,5 metros, priorizando la protección colectiva sobre la individual.

Se deben prever medidas alternativas si es necesario retirar temporalmente dispositivos de protección.

- **Caída de objetos y cargas:** Deben evitarse cargas suspendidas sobre trabajadores. Se requiere documentación técnica que garantice la estabilidad y resistencia de elementos y cargas durante montaje, uso y desmontaje.

- **Atrapamientos en excavaciones:** El contratista deberá justificar la estabilidad de taludes mediante estudios técnicos y adoptar medidas como entibaciones o tendido de taludes.

- **Riesgos de atropello:** Se implementarán procedimientos de ordenamiento del tráfico en obra para separar el tráfico de vehículos del de personas, minimizar interferencias y garantizar la señalización adecuada.

- **Afecciones a terceros:** Se establecerán medidas para evitar el acceso no autorizado a la obra y prevenir afectaciones al entorno. Los equipos de trabajo deberán cumplir requisitos de seguridad (señalización, mantenimiento, extintores, etc.).

- **Riesgos especiales:** Se asignará un recurso preventivo para la colocación y retirada de redes de seguridad. Se implementarán medidas contra incendios y se cumplirán normativas específicas en trabajos cercanos a líneas eléctricas. Los trabajos podrán suspenderse en caso de condiciones climáticas adversas.

### **8.3 Riesgos de cada unidad constructiva y su prevención**

Se cita el análisis de una sola de las actividades comprendidas en el proyecto a manera de ejemplo sobre los aspectos que se deben analizar:

#### **Capítulo: Trabajos de manipulación de cargas**

Subcapítulo: Izado de cargas por medios mecánicos

#### **DESCRIPCIÓN Y PROCEDIMIENTO**

Se realizará un análisis preventivo para el izado de cargas con medios mecánicos. No se permitirá el uso de equipos de excavación (retroexcavadoras, mixtas, etc.) para izar cargas, salvo que esté especificado en el manual del fabricante y se utilicen accesorios habilitados. Si el contratista decide emplear estos equipos para izado, deberá incluir la planificación preventiva en su Plan de Seguridad y Salud.

#### **MAQUINARIA Y EQUIPOS AUXILIARES**

- Grúa móvil autopropulsada.
- Camión grúa.
- Accesorios y aparejos de elevación.

#### **RIESGOS**

- Caída de objetos por desplome.
- Caídas de objetos en manipulación.
- Atrapamiento por o entre objetos.
- Golpes contra objetos.

#### **RIESGOS ESPECIALES**

Durante las tareas de izado de cargas con medios mecánicos estará siempre presente un recurso preventivo que vigile el cumplimiento de las medidas preventivas y compruebe su eficacia, además del jefe de maniobras que supervise y dirija las operaciones de izado de cargas.

#### **MEDIDAS PREVENTIVAS**

El Plan de Seguridad y Salud desarrollara entre otras las siguientes medidas:

- El camión grúa está exclusivamente habilitado para realizar operaciones de carga y descarga de material salvo que su ficha técnica indique lo contrario, en cuyo caso deberá indicar los trabajos para los que está habilitado.
- Cuando el camión grúa esté habilitado para realizar operaciones distintas de las de carga y descarga, se le aplicará el Real Decreto 837/2003, y, por lo tanto, los conductores tendrán que acreditar carné de gruista, además de exigirse la presencia del correspondiente "jefe de maniobras".
- Las eslingas, cadenas, cables, pinzas y todos los elementos, útiles y accesorios de izado que se empleen, deberán ser los adecuados dependiendo de la carga y tipología de las piezas que se vayan a levantar. Todas las cargas serán izadas desde puntos específicamente habilitados para ello por su fabricante, de modo que se garantice en todo momento su estabilidad durante el proceso de izado.
- Los materiales y elementos estructurales se apilarán en lugares preseñalados, debiendo quedar libres de obstáculos las zonas de trabajo y paso del personal, con el fin de evitar accidentes por interferencias.
- Las áreas sobre las que exista riesgo de caída de herramientas o materiales se acotarán debidamente y el paso a través de ellas quedará prohibido.
- Todos los elementos y accesorios de izado (eslingas, cadenas, ganchos con pestillo de seguridad...) serán objeto de revisión diaria mediante la que se garanticen adecuadas condiciones de conservación y mantenimiento. Estas revisiones justificarán de forma documental y se registrarán debidamente.
- En todo caso, los accesorios de elevación deberán seleccionarse en función de las cargas, puntos de presión, dispositivo de enganche y la modalidad y la configuración del amarre. En ningún caso se rebasará la capacidad máxima de carga del equipo mediante el que se desarrollen los trabajos de izado de cargas.
- Las grúas y plataformas deberán tener activado de forma obligatoria el limitador de carga en todo momento.
- Las maniobras de izado de cargas serán supervisadas y dirigidas por un jefe de maniobras previamente designado. Tanto el jefe de maniobras como el personal encargado de las labores de señalización dispondrán de una formación adecuada y suficiente para los trabajos a desempeñar.
- Las diferentes piezas contarán con los elementos auxiliares apropiados de transporte y unión, a fin de que sean mínimos los riesgos de montaje.

- Durante el proceso de izado ningún trabajador quedará situado ocasionalmente debajo de la carga, ni en su radio de acción (zona de influencia).
- No se pasarán las cargas suspendidas sobre otros puestos de trabajo. Para ello, se acotarán debidamente las zonas de batido de cargas de manera que no haya presencia en la misma de trabajadores no autorizados.
- Los ganchos irán provistos de pestillos de seguridad.
- Se verificará la correcta colocación y fijación de los ganchos u otros accesorios de izado a la carga a suspender. Si la carga estuviese izada en condiciones inseguras, se deberá parar el proceso, se descenderá la carga al suelo y se procederá a su correcto enganche para poder continuar con la operación en condiciones seguras.
- Si en la revisión previa al izado de la carga se detectase que el muelle recuperador de algún gancho de seguridad no funciona correctamente, se le comunicará de inmediato al responsable, parando éste los trabajos hasta que no se sustituyan los útiles afectados por otros que funcionen correctamente.
- En el izado de cargas, se colocarán los pestillos de seguridad hacia fuera, de este modo el alma de cada gancho serán los elementos que soporten la tensión que la carga les transmitirá al ser izada y no sean los pestillos los que soporten dicha tensión.
- El punto de anclaje se seleccionará correctamente y no se elegirán puntos sueltos o puntos que no formen parte del elemento a elevar.
- Antes de la utilización de cualquier máquina-herramienta, se comprobará que se encuentra en óptimas condiciones y con todos los mecanismos y protectores de seguridad, instalados en buen estado, para evitar accidentes.
- Todos los equipos y accesorios de izado estarán debidamente certificados y se emplearán conforme a las instrucciones de uso de su fabricante, siempre por personal debidamente formado y autorizado.
- El responsable del izado de cargas deberá ver en todo momento la carga, y si no fuera posible, las maniobras serán realizadas con un guía destinado a ese trabajo.
- No se transportarán cargas por encima de los trabajadores.
- No se guiarán las cargas con la mano cuando estas estén izadas. Para su dirección se emplearán cabos de gobierno.
- En las zonas de acopios, se instalarán señales de riesgo de cargas en suspensión, y en todas las zonas de izado de cargas, ya sea en acopios o en tajos,

se dispondrá de una señalización e iluminación necesarias para la correcta ejecución de los trabajos. Ante nieblas densas se paralizarán los trabajos de izado de cargas.

- Ante la existencia de trabajos de izado de cargas en presencia de líneas eléctricas deberá atenderse a lo analizado en el tratamiento de los servicios afectados del Estudio, teniendo presente que todo parte del estudio de gálidos que debe desarrollar la empresa contratista en su Plan de Seguridad y Salud.

- En zonas de acopios de materiales, se instalarán barandillas de protección en los pasillos habilitados para los trabajadores, con el fin de separarlos de los equipos de izado de cargas.

- **PROTECCIONES INDIVIDUALES**

- Guantes de seguridad.
- Calzado de seguridad.
- Casco de seguridad.
- Chaleco reflectante.
- Ropa de trabajo adecuada.

- 

- **PROTECCIONES COLECTIVAS**

- Barandillas de protección en los pasillos peatonales de las zonas de acopio.
- Iluminación de la zona de trabajo.
- Señalización informativa de aviso de cargas suspendidas.

## **9 Trabajos con Riesgo Especial**

- Es obligatorio contar con recursos preventivos en obra para actividades consideradas peligrosas o con riesgos especiales, según la legislación vigente. Estos recursos deberán estar presentes en los siguientes casos:

- **Actividades peligrosas:** Según lo establecido en la normativa vigente.

- **Requerimiento oficial:** Cuando lo exija la Inspección de Trabajo y Seguridad Social debido a las condiciones detectadas en obra.



**Obras de construcción:** Cumplimiento de la normatividad vigente, la cual establece que:

- El Plan de Seguridad y Salud definirá cómo se implementa la presencia de recursos preventivos.
- Los recursos preventivos deberán dar instrucciones para corregir incumplimientos y notificar al empresario las deficiencias observadas.
- Si se detecta ausencia o insuficiencia de medidas preventivas, el empresario deberá corregirlas de inmediato y modificar el Plan de Seguridad y Salud.

El contratista deberá identificar y detallar las actividades de riesgo especial en el Plan de Seguridad y Salud, además de incluir cualquier otra actividad que, por las condiciones de la obra o posibles interferencias, requiera recursos preventivos. Asimismo, debe garantizar que los trabajadores puedan identificar claramente a los recursos preventivos.

## **10 Plan de Evaluación y Seguimiento**

- Inspecciones periódicas: Realizar auditorías internas y externas para verificar el cumplimiento de las medidas de seguridad.
- Revisión de riesgos: Actualizar el análisis de riesgos según las condiciones del entorno y el avance de las obras.
- Informes de seguimiento: Presentar informes trimestrales a las autoridades competentes.