



CONCESION  
COSTERA  
CARTAGENA  
BARRANQUILLA  
S.A.S



# VIADUCTO EL GRAN MANGLAR SOBRE LA CIÉNAGA DE LA VIRGEN





**VIADUCTO EL GRAN MANGLAR**  
**SOBRE LA CIÉNAGA DE LA VIRGEN**

## PROMOTORES DE LA CONCESIÓN COSTERA CARTAGENA – BARRANQUILA S.A.S.

**Ing. Mario Alberto Huertas Cotes**  
*Presidente*

**Ing. Esteban Huertas Uribe**  
*Presidente Ejecutivo*

**MHC INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN  
DE OBRAS CIVILES**

**Ing. Carlos Enrique Cerdas Araya**  
*Presidente*

**CONSTRUCTORA MECO**

### CONCESIÓN COSTERA

Miguel Ángel Acosta Osío – Gerente General  
Ciro Alfonso Parra Guerrero – Gerente Técnico  
Henry Tarazona Montero – Director Socio-Ambiental  
Carmen Elena Carbo Marcelles – Directora Jurídica  
Luis Alejandro Wilches Acero – Director de Operaciones  
Hilduara Milena Barrera Mendoza – Asesor Comunidades Étnicas  
María Claudia Soto – Coordinadora ambiental  
Índira Martín Díaz – Coordinadora de Comunicaciones y R.P.

### EPC

Armando Ramírez Villamizar - Gerente EPC  
Wilson Uribe Jaime - Director de Obra  
Jairo Torres Varona - Director de Obra  
Hernán Alfonso Muñoz Bernal - Director de Obra

### RIZZANI DE ECCHER

Marco de Eccher  
Claudio de Eccher  
Ricardo de Eccher  
Davide Mariani

### INTERVENTORÍA

**MAB INGENIERIA DE VALOR**  
**Ing. Miguel Ángel Botero Giraldo**  
Representante Legal

### ARUP - Ingeniero Independiente

Jorge Valenzuela  
Federico Torres  
Jose Luis Echeverry  
Mauricio Breton  
Andrea Díaz  
Andrés Salazar

### MIEMBROS DEL SECTOR FINANCIERO, ASESORES Y SEGUROS

|                    |                                    |
|--------------------|------------------------------------|
| Banco Agrario      | Fondo de Desarrollo Nacional – FDN |
| Banco de Bogotá    | Structure                          |
| Banco de Occidente | Fitch Ratings                      |
| Bancolombia        | Castro-Leiva-Rendón                |
| CitiBank NA        | Delima Marsh                       |
| Cititrust          | JLT Valencia Irarorri              |
| Davivienda         | Confianza                          |
| Goldman Sachs      | JMalucelli                         |
| Fiducolombia       | Chubb                              |
| Fiduciaria Itaú    | Seguros Mundial                    |
| Fondo CAF- Ashmore | Nacional de Seguros                |

### COLABORADORES

#### Fotografías:

Índira Martín Díaz  
Pablo Alejandro Jiménez Daza  
Juan Carlos Linero Gonzalez

#### Edición:

Henry Augusto Tarazona Montero  
Lina María Osorio Salazar  
Liz López Rivera  
Yexon Sanchez Sanchez

#### Diseño e Impresión:

Unión Gráfica

## CONCESIONARIOS

- 44 años de experiencia - Empresa Colombiana establecida en 1975
- Dos Premios Nacionales de Ingeniería
- Pioneros en Concesiones Viales, actualmente pertenece a 6 Concesiones, 3 de Cuarta Generación (4G)
- Más de 750 Equipos de construcción.
- Certificación ISO 9001-2008 - IQNET ICONTEC 9001-2008 – ONAC ISO/IEC 17025 :2005-14-LAB-012

- Empresa fundada en 1977 en Costa Rica
- Presencia todos los países de Centro América
- 94 Proyectos en ejecución simultanea
- 2.500 equipos de maquinaria y especializados
- Certificación ISO 9001 y OHSAS 18001

- Inicia operaciones en 1977
- Presencia en las principales ciudades de Colombia
- Estructuración y/o ejecución de proyectos de infraestructura. (Públicos y privados, concesiones, grandes obras privadas)
- Operaciones con 4 años de experiencia en México y Perú.
- 5 Concesiones
- Certificación ISO 9001 – 14001 y OHSAS 18001

- Empieza su primera obra en 1960
- Pionera en concesiones viales, líder a nivel nacional en obras de infraestructura vial y recientemente ha incursionado de comercialización de concretos a pequeños y medianos constructores.
- Más de 2.500 Km de vías construidas y rehabilitadas durante 50 años.
- 5 Concesiones

## INTERVENTORÍA

- Fundada en el año 2007
- Empresa que presta los servicios de Consultoría e Interventoría de obras civiles en el sector público y previo.
- 2 Proyectos internacionales
- Presencia en 42 ciudades
- 29 Proyectos en ejecución y 120 finalizados



**Ing. Mario Alberto Huertas Cotes**  
Presidente



**Ing. Carlos Enrique Cerdas Anaya**  
Presidente



**Ing. Francisco Gnecco Roldán**  
Vicepresidente de  
Infraestructura y Concesiones



**Ing. Jaime Ignacio Castro Vergara**  
Gerente General



**Miguel Ángel Botero Giraldo**  
Representante Legal

# PRESENTACIÓN

Es para mí un orgullo presentar el libro “VIADUCTO EL GRAN MANGLAR SOBRE LA CIÉNAGA DE LA VIRGEN” que describe paso a paso la planeación estratégica desarrollada por la CONCESIÓN COSTERA CARTAGENA - BARRANQUILLA S.A.S; planeación, que para la organización se constituyó en una herramienta clave para la gestión y toma de decisiones en torno al Contrato APP 004 de 10 de septiembre de 2014 con la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI).

Aunado a esto, se adquiere un gran compromiso al adoptar los Principios del Ecuador para la ejecución del proyecto, los cuales nacen como una iniciativa de la Corporación Financiera Internacional (CFI), Agencia del Banco Mundial, y tienen como propósito máximo fomentar el desarrollo sostenible generando mejores resultados incluso a nivel financiero. Teniendo en cuenta esta línea de trabajo, la construcción de la mega estructura fue encaminada hacia una gestión ambiental eficiente y un desarrollo social responsable como parte esencial de la estrategia planteada para la obtención de un Viaducto impecable, entregado en tiempo récord y ejecutado con un método innovador usado por primera vez en el país.

Por todo lo anteriormente descrito, se pretende que el presente libro brinde a todo quien lo lee, un panorama mucho más detallado de los retos enfrentados, las lecciones aprendidas y las acciones desempeñadas para lograr el éxito de tan ambicioso proyecto. Se desea que contribuya a construcciones viales futuras como herramienta de consulta y como referente de estructuras en las que durante su construcción sus ejecutores se permiten innovar y pensar en grande con el fin de proteger nuestros recursos naturales, siendo Colombia un país biodiverso.

Es así como los invito a conocer el Viaducto el Gran Manglar sobre la Ciénaga de La Virgen y el trabajo desarrollado por la Concesión Costera y sus integrantes “MHC Ingeniería y Construcción de Obras Civiles S.A.S”, “MECO S.A.”, “Constructora Colpatria” y “Castro Tcherassi.”

**ING. MIGUEL ÁNGEL ACOSTA OSIO**  
**Gerente General Concesión Costera Cartagena Barranquilla S.A.S.**



Sociedad Colombiana de Ingenieros  
Presidencia

PRSCI No. 19 -0943

Bogotá, D.C. 15 de Mayo de 2019

Ingeniero  
MARIO HUERTAS COTES  
Representante Legal  
CONCESIÓN COSTERA CARTAGENA BARRANQUILLA SAS  
Ciudad

Apreciado Ingeniero Huertas ,

Me es grato comunicarle que la Junta Directiva de la Sociedad Colombiana de Ingenieros, adjudicó por unanimidad, al proyecto "Viaducto Gran Manglar sobre la Ciénaga de la Virgen", el PREMIO NACIONAL DE INGENIERÍA y el PREMIO NACIONAL AMBIENTAL GERMÁN GÓMEZ PINILLA, Versión 2019.

Quiero felicitarlo, a usted especialmente, por su excelente presentación y conocimiento del proyecto, por medio de la cual logró destacar claramente todas las ventajas y las aplicaciones y oportunidades de esta solución en el resto del país.

Me complace invitar a usted, a los directivos de las empresas que conforman el grupo gestor y ejecutor del proyecto y al equipo de ingenieros que participaron en su desarrollo, a recibir el máximo galardón que por Ley de la República otorga la Sociedad Colombiana de Ingenieros, en la Sesión Solemne que se realizará con motivo de la celebración del Centésimo Trigésimo Segundo aniversario de fundación, el 29 de mayo del año en curso, a las 12.00 m, en la sede Julio Garavito, Carrera 4 No. 10-41, Bogotá, D.C.

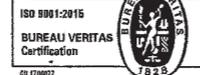
Cordialmente,

SOCIEDAD COLOMBIANA DE INGENIEROS



GERMÁN PARDO ALBARRACÍN  
Presidente

Bogotá D. C., sede Julio Garavito, carrera 4 # 10 - 41, conmutador: (571) 5550520  
Email: presidencia@sci.org.co • www.sci.org.co



## PRÓLOGO

La plataforma intergubernamental Científico– Normativo sobre diversidad Biológica y servicios de los ecosistemas (IPBES), en su último documento del año 2019, contiene una evaluación crítica de las relaciones que no deberían ser contradictorias entre Naturaleza y Sociedad, por la elemental razón de que el hombre es el punto de inserción entre las mismas.

La humanidad, en su proceso de evolución económica ha resultado degradadora de algunos ciclos fundamentales en la naturaleza, como los relativos al agua, a la energía, y algunos elementos sustanciales para la subsistencia del género humano. Forjando problemas como la deforestación, que conlleva a un real deterioro del entorno, generando de ese modo la extinción de especies animales, alterando las dinámicas naturales de los mares, ecosistemas como las ciénagas, los bosques, los manglares y hasta los mismos desiertos.

Con base en lo anteriormente citado, la Concesión Costera Cartagena Barranquilla S.A.S, desarrolló el proyecto del Viaducto el Gran Manglar sobre la Ciénaga de La Virgen, con el objeto de garantizar que esta obra fuera absolutamente respetuosa con la naturaleza y la sociedad Cartagenera, protegiendo su entorno al utilizar técnicas no degradantes del medio ambiente.

Las concesiones de cuarta generación (4G), constituyen el programa de infraestructura más ambicioso emprendido por Colombia, con el objetivo de avanzar en la competitividad global y desarrollo interno mediante la construcción de obras civiles en diversas regiones del País. Catalogadas como obras de interés nacional estratégico, requirieron no solamente un análisis de costos, sino un análisis de estrategias basadas en los requerimientos del Contrato APP 004 de 10 de septiembre de 2014 con la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI), cuyo objeto es la financiación, elaboración de estudios y diseños definitivos, gestión ambiental, gestión predial, gestión social, construcción, rehabilitación, mejoramiento, operación y mantenimiento del corredor Cartagena – Barranquilla y Circunvalar de la Prosperidad.

Es así que los promotores de la sociedad Concesión Costera Cartagena Barranquilla S.A.S encargada del corredor Cartagena – Barranquilla y Circunvalar de la Prosperidad, conformada por la firma Colombiana MHC Ingeniería y Construcción de Obras Civiles S.A.S y la firma Costarricense Constructora MECO S.A, llevaron a cabo una planeación estratégica enfocada en el análisis de alertas tempranas y análisis de control de riesgos de los ítems establecidos en el contrato.

**EL PRIMER RETO A RESOLVER** analizado, fue el sistema constructivo a utilizar en esta obra que debió desarrollarse sobre un ecosistema ambientalmente relevante y en donde converge la actividad de diversas comunidades.

Teniendo en cuenta que inicialmente la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI), entregó las memorias técnicas de construcción del proyecto elaboradas en el año 2012 por la firma GRISA; propuesta que consistía en construir el viaducto por el método de voladizos sucesivos. Ello implicaba hacer una vía paralela cerca a la existente, retirando parte del manglar, colocando tablestacado, relleno con sacos de arena para permitir la entrada de equipos como la piloteadora para el vaciado de los 3 pilotes por apoyo, seguido del armado y vaciado de la zarpa, finalizando con la construcción de las dovelas y losa del tablero. Sistema constructivo que generaba un alto impacto ambiental negativo sobre la dinámica del ecosistema ciénaga.

Sin embargo, La Concesión Costera Cartagena- Barranquilla decidió afrontar este proyecto de una manera histórica y sin precedentes a nivel nacional.

El desafío de la construcción de una infraestructura de gran magnitud sobre un ecosistema tan importante como lo es la Ciénaga La Virgen, se asumió con el uso de tecnologías de última generación, respetuosas con el medio ambiente buscando minimizar el impacto ambiental sobre la ciénaga y su entorno. En colaboración con la firma **Rizzani de Eccher Spa**, se propuso el sistema **Top Down**, el cual implementa equipos especializados de montaje mediante un novedoso sistema de hincado integrado a una viga lanzadora, construyendo la

obra “de arriba hacia abajo” ensamblando los elementos prefabricados (Pilotes, cabezal y vigas) previamente construidos en un patio industrial. Dicho método de construcción además de disminuir en un 98% la intervención sobre el suelo de la ciénaga permitió hacer entrega del proyecto con 4 meses de anticipación.

**EL SEGUNDO RETO A RESOLVER** fue la financiación, siendo esta la primera vez que se logró la credibilidad y la confianza del mercado de capital internacional en un proyecto de infraestructura de vías en Colombia para que invirtieran recursos en una Emisión de Bonos en la Bolsa de Nueva York.

La estructuración financiera liderada por **Goldman Sachs y Structure** ideó diferentes esquemas de mitigación de riesgos inherentes al desarrollo de este tipo de proyectos para que la estructura obtuviese una calificación de **BBB- Internacional y AA+ Local**, por parte de una Agencia Calificadora como **Fitch Ratings** y se recibiera una demanda del mercado por 1,5 veces el monto de la emisión. De esta manera el proyecto contó con la disponibilidad de los recursos requeridos para su ejecución en tiempo record.

Además de la colocación en el mercado internacional, el proyecto también fue estudiado y evaluado por los más exigentes integrantes del sector financiero colombiano; **Banco de Bogotá, Banco de Occidente, Bancolombia y el Fondo CAF – Ashmore**, quienes también dieron su voto de credibilidad y confianza participando en la financiación mediante un crédito de largo plazo nunca antes obtenido por proyectos de infraestructura vial en Colombia.

**EL TERCER RETO A RESOLVER** fue el manejo ambiental para lo cual se fijaron cuatro estrategias adicionales al sistema constructivo **Top Down** consistentes en: Un sistema de drenaje para el tratamiento de aguas de escorrentía, uso de geobloques para la construcción de terraplenes, carpeta asfáltica con grano de caucho reciclado e iluminación solar, estas estrategias buscaron un equilibrio entre los factores biótico, abiótico y social, fomentando el desarrollo sostenible y socialmente responsable, reconociendo la importancia de la

biodiversidad presente en el ecosistema ciénaga y los servicios ecosistémicos que genera, el cambio climático y las comunidades étnicas presentes en su entorno.

**EL CUARTO RETO A RESOLVER** fue el desarrollo y cumplimiento de la consulta previa, con las cuatro comunidades étnicas presentes en el área de influencia del proyecto. La Concesión conformó un grupo altamente calificado en el manejo de comunidades afrodescendientes acompañado con programas de contratación de mano de obra, la implementación de proyectos productivos, programas de capacitación, etc. Es así que al momento de terminación del Viaducto el Gran Manglar ya se tenía el cierre de las consultas previas de las comunidades de Tierra Baja, Puerto Rey, Villa Gloria y la Boquilla, y se aseguró a largo plazo el cuidado de la ciénaga por parte de sus propios habitantes, al brindarles no solo la formación y empoderamiento necesarios, sino las herramientas para lograr tal fin.

Esta obra marca una pauta para las futuras generaciones de vías que se construyan sobre humedales marinos, estuarios, ciénagas; por el sistema constructivo propuesto sostenible, con la aplicación de tecnología de punta, que permite la dinámica natural del ecosistema intercambiando aguas entre el mar y la ciénaga con alteraciones puntuales en el manglar, que permiten minimizar el impacto sobre estos ecosistemas sin afectar los recursos naturales.

**Ing. MARIO ALBERTO HUERTAS COTES**  
**Promotor Concesión Costera Cartagena Barranquilla S.A.S**

# CERTIFICACIÓN DE ENTIDAD CONTRANTE

**ANI** Agencia Nacional de Infraestructura  
Avenida Calle 26A Nro. 59-42 Torre B Piso 2,  
P.O. Box 4848800 - www.ani.gov.co  
Nro. 8300.25096-5, Código Postal ANI 130721.  
Página 1 de 2

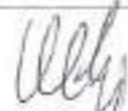
**EL PRESIDENTE DE LA AGENCIA NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA**

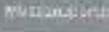
**CERTIFICA:**

Que la AGENCIA NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA- ANI suscribió el Contrato de Concesión APP 004 de 2014 con la Concesión Costera Cartagena Barranquilla S.A.S. con NIT. 9007633568, conformada por las firmas MHC Ingeniería y construcción de obras civiles S.A.S., Constructora Meco S.A., Constructora Colpatría S.A. con un 30% de participación cada una y Castro Tcherassi S.A. con un 10% de participación para la elaboración de estudios y diseños definitivos, gestión ambiental, gestión predial, gestión social, financiación, construcción, rehabilitación, mejoramiento, operación y mantenimiento del Proyecto vial Cartagena-Barranquilla y Circunvalar de la Prosperidad.

Que la Concesión ejecutó y terminó las intervenciones correspondientes a la Unidad Funcional 2, de acuerdo con el acta de terminación de Unidad Funcional suscrita el 7 de diciembre de 2018, así:

| UF  | Sector      | Origen (nombre - abscisa) | Destino (nombre - abscisa)                                  | Longitud aproximada origen destino (Km) | Intervención prevista                            | Observación   |
|-----|-------------|---------------------------|---|---|--|---|
| UF2 | La Boquilla | PR 1+905                  | PR 7+500<br>Coordenadas<br>N: 846.925,772<br>E: 846.925,772 | 5,385                                   | Construcción segunda calzada mediante Viaductos. | Los Viaductos se desarrollan para el flujo de tráfico sentido Cartagena Barranquilla. Incluye Intersecciones. |

  
**LOUIS KLEYN LOPEZ**  
Presidente  
AGENCIA NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA

 La movilidad es de todos 

# INDICE

## 1. UBICACIÓN DEL PROYECTO ..... 21

## 2. ANTECEDENTES DEL DISEÑO ..... 25

- 2.1. Propuesta de Concesión Vía al Mar – Método convencional ..... 27
- 2.2. Propuesta Concesión Costera - Sistema Top Down ..... 29

## 3. ESTUDIOS Y DISEÑOS REALIZADOS POR LA CONCESIÓN COSTERA CARTAGENA BARRANQUILLA S.A.S. .... 33

- 3.1. Estudio geológico y geotécnico ..... 34
  - 3.1.1. Exploración del subsuelo ..... 34
  - 3.1.2. Propuesta de cimentación ..... 35
  - 3.1.3. Estabilización y conformación de la zona ..... 36
- 3.2. Estudio de diseño geométrico ..... 37
- 3.3. Estudio y diseños de estructuras ..... 39
  - 3.3.1. Viaducto del Gran Manglar ..... 39
  - 3.3.2. Estructura Retorno La Boquilla ..... 46
- 3.4. Estudio de hidrología e hidráulica ..... 49
  - 3.4.1. Diseño de trampa de grasas y aceites para el Gran Viaducto ..... 49

## 4. CONSTRUCCIÓN DE LAS OBRAS ..... 53

- 4.1. Etapa de prefabricación ..... 54
  - 4.1.1. Adecuación del patio de prefabricados y prefabricación ..... 54
  - 4.1.2. Procedimiento para el armado de refuerzo ..... 58
  - 4.1.3. Ciclo de producción ..... 61
  - 4.1.4. Montaje de los elementos prefabricados ..... 67
- 4.2. Etapa de construcción ..... 75
  - 4.2.1. Características de la Viga Lanzadora ..... 75
  - 4.2.2. SISTEMA TOP DOWN - Proceso constructivo ..... 78
  - 4.2.3. Control de calidad ..... 81

## 5. OBRAS COMPLEMENTARIAS ..... 87

- 5.1. Iluminación con energía solar ..... 88
  - 5.1.1. Panel Solar Monocristalino (Libre De Mantenimiento Por 10 Años) ..... 89
  - 5.1.2. Luminaria Led 40-60w - eficacia de 160 lm/w, ip68 ..... 90
  - 5.1.3. Batería inteligente solar ..... 90
  - 5.1.4. Postes en Poliéster reforzado de fibra de vidrio (PRFV) ..... 91
- 5.2. Carpeta asfáltica con caucho reciclado ..... 92

## 6. FINANCIACIÓN Y PRESUPUESTO ..... 95

## 7. GESTIÓN AMBIENTAL DEL PROYECTO ..... 99

- 7.1. Plan de Compensación por Pérdida de Biodiversidad ..... 100
- 7.2. Plan De Manejo Ambiental Durante La Ejecución De Las Obras ..... 101
  - 7.2.1. Programa para el manejo de fauna: Ahuyentamiento y salvamento de fauna terrestre ..... 101
  - 7.2.2. Programa para el manejo, ahuyentamiento y protección de fauna acuática ..... 103
  - 7.2.3. Implementación de paso de fauna y señalización ..... 105
  - 7.2.4. Programa para el manejo de avifauna ..... 106
  - 7.2.5. Programa para la conservación de especies faunísticas bajo algún grado de amenaza ..... 111
  - 7.2.6. Monitoreo de la actividad pesquera ..... 115
  - 7.2.7. Estudio sedimentológico y granulométrico en la bocana y ciénaga de La Virgen ..... 116

## 8. COMPONENTE SOCIAL EN LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO ..... 123

- 8.1. Consulta previa ..... 124
  - 8.1.1. Comunidad Villa Gloria ..... 125
  - 8.1.2. Comunidad Tierra Baja ..... 127
  - 8.1.3. Comunidad Puerto Rey ..... 129
  - 8.1.4. Comunidad La Boquilla ..... 131
- 8.2. Proyectos Productivos ANLA ..... 133
  - 8.2.1. Tierra Baja: ..... 135
  - 8.2.2. Puerto Rey ..... 136

## 9. RELACIÓN DEL PERSONAL TÉCNICO DE LA OBRA ..... 139

# INDICE DE ILUSTRACIONES

|  |    |
|--|----|
| Ilustración 1. Localización General Viaducto del Gran Manglar .....                                    | 23 |
| Ilustración 2. Retirar el mangle de la zona de trabajo .....   | 27 |
| Ilustración 3. Construcción tablestacado.....  | 27 |
| Ilustración 4 Construcción tablestacado .....  | 27 |
| Ilustración 5. Relleno con costales de arena .....   | 28 |
| Ilustración 6. Refuerzo y vaciado de Zarpa.....  | 28 |
| Ilustración 7. Vaciado de pilotes .....  | 28 |
| Ilustración 8. Construcción de dovelas .....   | 28 |
| Ilustración 9. Reposición del mangle .....   | 28 |
| Ilustración 10. Esquema de Área del Manglar a Intervenir con el sistema convencional .....             | 29 |
| Ilustración 11. Vista perfil viga lanzadora .....  | 29 |
| Ilustración 12. Vista panorámica viga lanzadora .....  | 30 |
| Ilustración 13. Área de manglar a intervenir con el sistema “Top Down” .....                           | 31 |
| Ilustración 14. Uso de EPS para la conformación de terraplenes .....                                   | 36 |
| Ilustración 15. Localización del Gran Viaducto .....   | 38 |
| Ilustración 16. Localización puente retorno La Boquilla .....  | 38 |
| Ilustración 17. Viaducto del Gran Manglar .....  | 39 |
| Ilustración 18. Estructura del Gran Viaducto .....   | 40 |
| Ilustración 19. Detalle de pilotes de punta abierta. ....  | 42 |
| Ilustración 20. Detalle de pilotes de punta cerrada. ....  | 43 |
| Ilustración 21. Sección Típica Cabezal tipo compuesto por tres secciones. ....                         | 44 |
| Ilustración 22. Sección típica de la Viga.....   | 45 |
| Ilustración 23. Retorno La Boquilla .....  | 46 |
| Ilustración 24. Sección típica cabezal tipo post-tensado del retorno.....                              | 47 |
| Ilustración 25. Sección típica cabezal tipo post-tensado del retorno compuesto por dos secciones. .... | 47 |
| Ilustración 26. Sección típica viga cajón pre-tensada del retorno.....                                 | 48 |
| Ilustración 27. Comportamiento de una trampa de grasas.....  | 50 |
| Ilustración 28. Sistema Drenaje de Aguas Lluvias .....   | 51 |
| Ilustración 29. Distribución del patio de prefabricados .....  | 55 |
| Ilustración 30. Vista panorámica del patio de prefabricados .....                                      | 56 |
| Ilustración 31. Zonas en el área de producción.....  | 57 |
| Ilustración 32. Nave Industrial .....  | 58 |
| Ilustración 33. Traslado de viga por carros de avance (straddle carriers).....                         | 60 |
| Ilustración 34. Traslado de cabezal por carro de avance (straddle carrier).....                        | 60 |
| Ilustración 35. Armado del refuerzo .....  | 62 |
| Ilustración 36. Vaciado del concreto.....  | 62 |
| Ilustración 37. Proceso de desencofrado .....  | 62 |
| Ilustración 38. Traslado de pilote.....  | 62 |

|   |     |
|---|-----|
| Ilustración 39. almacenado del área asignada .....  | 62  |
| Ilustración 40. Armado de refuerzo .....  | 63  |
| Ilustración 41. Instalación del molde.....  | 63  |
| Ilustración 42. Vaciado de concreto .....   | 64  |
| Ilustración 43. Almacenado en área asignada .....   | 64  |
| Ilustración 44. Armado del refuerzo.....  | 65  |
| Ilustración 45. Vaciado del concreto.....   | 65  |
| Ilustración 46. Traslado de la viga .....   | 65  |
| Ilustración 47. Almacenamiento en área asignada .....   | 65  |
| Ilustración 48. Posicionamiento vertical del martillo (imagen en tierra).....                         | 67  |
| Ilustración 49. Posicionamiento del martillo con viga lanzadora .....                                 | 68  |
| Ilustración 50. Hincado de pilotes en vista frontal .....   | 68  |
| Ilustración 51. Hincado de pilotes en vista lateral.....  | 69  |
| Ilustración 52. Proceso de corte de pilote con hilo diamantado .....                                  | 69  |
| Ilustración 53. Acople de pilote mediante junta mecánica.....   | 70  |
| Ilustración 54. Instalación de los cabezales con los pilotes del Viaducto.....                        | 70  |
| Ilustración 55. Proceso de fundida del tapón de acople entre el cabezal y el pilote del Retorno ..... | 71  |
| Ilustración 56. Detalle de conexión del tapón de pilote .....   | 72  |
| Ilustración 57. Instalación de las vigas.....   | 72  |
| Ilustración 58. Armado de la losa del tablero.....  | 73  |
| Ilustración 59. Fundida de la losa del tablero .....  | 73  |
| Ilustración 60. Construcción de vanos Gran Viaducto.....  | 74  |
| Ilustración 61. Martillo diésel de la viga lanzadora .....  | 75  |
| Ilustración 62. Malacate (Winch) de la viga lanzadora.....  | 76  |
| Ilustración 63. Viga Lanzadora .....  | 76  |
| Ilustración 64. Martillo hidráulico.....  | 78  |
| Ilustración 65. Vista lateral de los dos frentes de trabajo del Gran Viaducto .....                   | 79  |
| Ilustración 66. Concreto usado en construcción.....   | 81  |
| Ilustración 67. Acero utilizado para la construcción.....   | 84  |
| Ilustración 68. Panel solar tipo.....   | 88  |
| Ilustración 69. Panel solar monocristalino.....   | 89  |
| Ilustración 70. Comportamiento del Níquel.....  | 91  |
| Ilustración 71. Asfalto con Grano de Caucho Reciclado.....  | 92  |
| Ilustración 72. Asfalto con GCR .....   | 93  |
| Ilustración 73. Viveros comunitarios.....   | 101 |
| Ilustración 74. Iguana - Fauna ahuyentada .....   | 101 |
| Ilustración 75. Mapache - Fauna ahuyentada .....  | 102 |
| Ilustración 76. Ahuyentamiento y salvamento de fauna terrestre.....                                   | 103 |

## INDICE DE TABLAS

|  |         |
|--|---------|
| Ilustración 77. Rescate de fauna acuática .....  | 104     |
| Ilustración 78. Ahuyentamiento de peces.....   | 104     |
| Ilustración 79. Paso de semovientes .....  | 105     |
| Ilustración 80. Paso de fauna.....   | 106     |
| Ilustración 81. Ubicación de los recorridos y puntos de monitoreo .....                  | 107     |
| Ilustración 82. Aves observadas en la ciénaga .....                                      | 108     |
| Ilustración 83. Folleto de avifauna.....   | 109     |
| Ilustración 84. Libro de avifauna .....  | 110     |
| Ilustración 85. Estudio sobre peces .....  | 111     |
| Ilustración 86. Tortugas dulceacuícolas y terrestres.....                                | 112     |
| Ilustración 87. Clasificación especie de murciélagos.....                                | 113     |
| Ilustración 88. Monitoreo de la actividad pesquera.....                                  | 115     |
| Ilustración 89. Análisis sedimentológico y granulométrico.....                           | 116-117 |
| Ilustración 90. Resultados preliminares estudio sedimentológico y granulométrico.....    | 118     |
| Ilustración 91. Puntos de monitoreo de agua .....  | 119     |
| Ilustración 92. Monitoreo de agua con equipo calibrado no certificado .....              | 120     |
| Ilustración 93. Mujeres artesanas – Villa Gloria .....                                   | 121     |
| Ilustración 94. Entrega de Dotación a la Asociación de Pescadores.....                   | 126     |
| Ilustración 95. Jornada ambiental y ecológica.....                                       | 127     |
| Ilustración 96. Graduación de comunidad con apoyo del SENA .....                         | 128     |
| Ilustración 97. Curso maquinaria pesada y educación ambiental.....                       | 129     |
| Ilustración 98. Entregas realizadas a la comunidad .....                                 | 130     |
| Ilustración 99. Molde para producción de canoas.....                                     | 132     |
| Ilustración 100. Entrega de elementos para la práctica de actividades ecoturísticas..... | 133     |
| Ilustración 101. Proyecto Cangrejo Azul.....   | 135     |
| Ilustración 102. Proyecto Gallinas Ponedoras .....                                       | 136     |
| Ilustración 103. Proyecto de Hortalizas Agroecológicas .....                             | 136     |
| Ilustración 104. Proyecto Piscicultura .....   | 137     |

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 1. Zonificación geotécnica.....   | 34  |
| Tabla 2. Características de los pilotes pre-tensados del Viaducto.....                        | 41  |
| Tabla 3. Características de cabezal tipo del Viaducto.....                                    | 44  |
| Tabla 4. Características de viga tipo cajón pre-tensada.....                                  | 45  |
| Tabla 5. Características de los pilotes pre-tensados del retorno.....                         | 46  |
| Tabla 6. Cabezal tipo post-tensado del retorno.....   | 46  |
| Tabla 7. Característica viga tipo cajón pre-tensada del retorno.....                          | 48  |
| Tabla 8. Cantidad de elementos prefabricados.....   | 66  |
| Tabla 9. Tiempos y resistencias alcanzadas.....   | 66  |
| Tabla 10. Características generales del Martillo Diésel.....                                  | 77  |
| Tabla 11. Relación de Concreto para el Gran Viaducto.....                                     | 82  |
| Tabla 12. Relación de concreto Retorno La Boquilla.....                                       | 82  |
| Tabla 13. Relación de concreto Cielo Mar Costado Cartagena.....                               | 83  |
| Tabla 14. Relación de concreto para los accesos (aproxos).....                                | 83  |
| Tabla 15. Relación de acero.....  | 85  |
| Tabla 16. Fluctuación de la cantidad de especies en la Ciénaga de La Virgen 2016 a 2018.....  | 110 |
| Tabla 17. Clasificación especie de murciélagos.....   | 114 |
| Tabla 18. Acuerdos de consulta previa.....  | 124 |
| Tabla 19. Consulta previa La Boquilla .....   | 131 |
| Tabla 20. Proyectos productivos en comunidades étnicas.....                                   | 134 |
| Tabla 21. Listado de personal técnico de Concesión Costera Cartagena- Barranquilla S.A.S..... | 140 |
| Tabla 22. Listado de personal técnico del EPC .....   | 142 |
| Tabla 23. Listado de personal técnico de Rizzani de Eccher .....                              | 143 |



## UBICACIÓN DEL PROYECTO



La Ciénaga de La Virgen, también conocida como Ciénaga de Tesca, es una laguna costera de profundidad promedio de 1 metro con cobertura de vegetación de bosque de mangle en sus orillas. Esta ciénaga se encuentra ubicada al noreste de la Bahía de Cartagena, entre los Departamentos de Bolívar y Atlántico localizados al norte de Colombia.

Dada su localización estratégica y la necesidad de mejorar enormemente la movilidad entre las ciudades de Barranquilla y Cartagena, se propuso la construcción de una segunda calzada tipo Viaducto obteniendo como resultado la megaestructura entre el K1+840 al K6+573, descrita en el presente libro.

El Viaducto del Gran Manglar fue desarrollado sobre la laguna de la Ciénaga de La Virgen y es considerada como una de las obras de ingeniería más importantes a nivel nacional debido a su longitud de 4.73 km sobre el espejo de agua y 5.4 km en total. Estas dimensiones lo posicionan como el más largo de Colombia y adicionalmente lo constituyen en una obra caracterizada por su innovación y buena ejecución ya que fue desarrollada bajo un novedoso sistema de construcción inédito en el país, el cual permite minimizar el impacto sobre la ciénaga y preservar el medio ambiente.

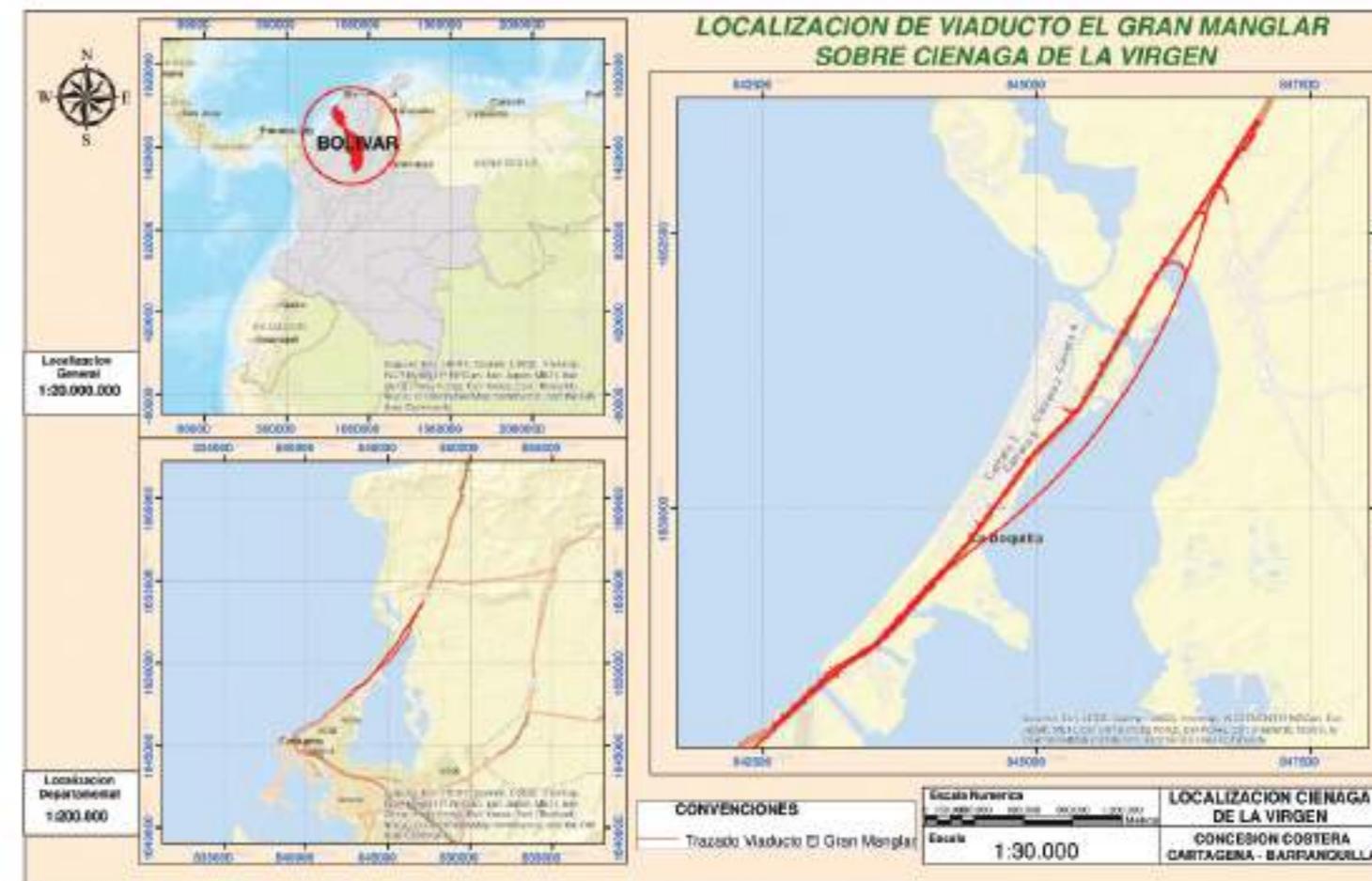


Ilustración 1. Localización General Viaducto del Gran Manglar



# 2

## **ANTECEDENTES DEL DISEÑO**

**E**l Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014 “Prosperidad para Todos” –PND-, reconoció la infraestructura de transporte como una locomotora estratégica de crecimiento, y en concordancia con ello, el programa Concesiones Viales de Cuarta Generación de -4G-, está dirigido a reducir la brecha en infraestructura y consolidar la red vial nacional a través tanto de la conectividad continua y eficiente entre los centros de producción y de consumo con las principales zonas portuarias, como de los principales centros urbanos del país.

Acorde con ello el Gobierno Nacional en el CONPES 3760 y 3761 de 2013, presentó la descripción de los corredores viales que conforman el grupo de proyectos Pioneros del Programa Concesiones Viales de Cuarta Generación -4G-.

Dentro de los proyectos Pioneros se encuentran los corredores Cartagena - Barranquilla y Circunvalar de la Prosperidad, con la finalidad de generar conectividad, con adecuados niveles de servicio, de los centros de producción de la región y entre las ciudades de Cartagena y Barranquilla y de estas con la zona portuaria del río Magdalena.

De acuerdo con la anterior el Gobierno Nacional, en cabeza de la AGENCIA NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA - ANI, consideró conveniente y necesario iniciar el proceso de licitación pública bajo la modalidad de Asociación Público Privada, cuyo objeto es la financiación, elaboración de estudios y diseños definitivos, gestión ambiental, gestión predial, gestión social, construcción, rehabilitación, mejoramiento, operación y mantenimiento del corredor Proyecto Cartagena-Barranquilla y Circunvalar de la Prosperidad, iniciando el proceso de precalificación el 18 de abril de 2013 y el 20 de noviembre de 2013 ordenó la apertura de la Licitación Pública.

Que se presentaron tres propuestas y la oferta presentada por el proponente Estructura Plural MARIO ALBERTO HUERTAS COTES – CONSTRUCTORA MECO S.A. SUCURSAL COLOMBIA cumplió con todos los requisitos previstos en el Pliego de Condiciones y obtuvo el mayor puntaje, razón por lo cual se nos adjudicó el contrato

La Concesión Costera Cartagena – Barranquilla S.A.S fue la encargada de ejecutar este proyecto estructurado por el Gobierno Nacional en beneficio de la comunidad, en cumplimiento de sus obligaciones contraí-

das en el Contrato de Concesión APP N°. 004 de 10 de septiembre de 2014 suscrito entre la ANI y la CONCESION COSTERA CARTAGENA BARRANQUILLA S.A.S. cuyo objeto es Financiación, elaboración de estudios y diseños definitivos, gestión ambiental, gestión predial, gestión social, construcción, rehabilitación, mejoramiento, operación y mantenimiento del corredor Proyecto Cartagena-Barranquilla y Circunvalar de la Prosperidad.

## 2.1 Propuesta de Concesión Vía al Mar Método convencional

La Agencia Nacional de Infraestructura (ANI) en el marco del contrato suscrito con la Concesión Cartagena Barranquilla S.A.S., entregó las memorias técnicas de construcción del proyecto elaborados por la **Concesión Vía al Mar** en el año 2012, quienes realizaron una propuesta diseñada por la firma **GRISA**, que consistía en construir el Viaducto por el método de voladizos sucesivos.

Lo anterior, implicaba hacer una vía paralela cerca a la vía existente, retirando el manglar de la zona, colocación de tablestacado, relleno con sacos de arena para conformar el área de trabajo que permitiera la entrada de equipos incluida la piloteadora, vaciado de los tres (3) pilotes por apoyo, seguido del armado y vaciado de la zarpa, finalizando con la construcción de las dovelas y losa del tablero. A continuación, se explica esquemáticamente el proceso anteriormente descrito:

Fuente: Consorcio Vía al Mar



Ilustración 2. Retirar el mangle de la zona de trabajo



Ilustración 3. Construcción tablestacado



Ilustración 4. Construcción de pilote



Ilustración 5. Relleno con costales de arena



Ilustración 6. Vaciado de pilotes



Ilustración 7. Refuerzo y vaciado de Zarpa



Ilustración 8. Construcción de dovelas



Ilustración 9. Reposición del mangle

Una vez realizadas las revisiones correspondientes se observó que el diseño convencional propuesto generaba una gran afectación a la Ciénaga y el Manglar debido al proceso constructivo implementado, en donde el área a intervenir era de aproximadamente 4.35 Ha.

Debido a la gran afectación que generaba este diseño a la Ciénaga y el Manglar, se buscó una alternativa con la menor afectación ambiental. De esta manera la **Concesión Costera Cartagena Barranquilla S.A.S** asumió el reto de construir el Viaducto ambientalmente sostenible sobre la Ciénaga de La Virgen con el uso de tecnología de última generación, amigable con el medio ambiente, minimizando el impacto sobre la Ciénaga y su entorno.



Ilustración 10. Esquema de Área del Manglar a Intervenir con el sistema convencional

## 2.2. Propuesta Concesión Costera - Sistema Top Down

En colaboración con la firma **Rizzani de Eccher Spa**, se propuso el sistema **"Top Down"**, consistente en la implementación de equipos especializados de montaje, mediante un novedoso sistema de hincado integrado a una viga lanzadora, construyendo la obra "de arriba hacia abajo" ensamblando los elementos prefabricados (Pilotes, cabezal y viga) previamente construidos en un patio industrial.



Ilustración 11. Vista perfil viga lanzadora





# 3

**ESTUDIOS Y DISEÑOS  
REALIZADOS POR  
LA CONCESIÓN  
COSTERA CARTAGENA  
BARRANQUILLA S.A.S.**

Los estudios y diseños realizados por parte de la Concesión Costera Cartagena – Barranquilla S.A.S, fueron ajustados de acuerdo al sistema constructivo Top Down y los nuevos requerimientos que su ejecución conllevaba. De acuerdo a esto, se realizaron principalmente tres estudios los cuales son: Estudio geológico y geotécnico, Estudio de diseño geométrico y Estudio de hidrología e hidráulica.

### 3.1. Estudio geológico y geotécnico

#### 3.1.1. Exploración del subsuelo

Se realizaron exploraciones y perforaciones mecánicas convencionales (SPT) al subsuelo, con el fin de identificar los materiales que conforman el perfil estratigráfico de la zona, las cuales alcanzaron profundidades hasta 55.00 m. Por consiguiente, la estratigrafía de los sectores donde se proyectó la construcción del Viaducto corresponde a depósitos de manglar (Qm) y depósitos aluviales recientes (Qar), encontrándose arenas con intercalaciones de arcillas.

A partir de la exploración directa e indirecta realizada se logró determinar 5 zonas geotécnicas a lo largo del tramo de estudio. En la tabla a continuación, se relaciona la secuencia estratigráfica representativa de cada una de las zonas geotécnicas:

| ZG    | Abscisa |        | Profundidad  | Suelo                                       |
|-------|---------|--------|--------------|---|
|       | Inicio  | Fin    |              |   |
| ZG-1  | K1+840  | K3+600 | 0.0-8.0 m    | Arcilla de consistencia muy blanda          |
| ZG-1a | K3+820  | K4+400 | 8.0-18.0 m   | Arena de compacidad media                   |
|       |         |        | 18.0-32.0 m  | Arcilla de consistencia media               |
| ZG-2  | K3+600  | K3+820 | 32.0-55.0 m  | Arcilla de consistencia dura                |
|       |         |        | 0.0-22.0 m   | Arcilla de consistencia blanda a muy blanda |
|       |         |        | 22.0-35.00 m | Arcilla de consistencia media               |
|       |         |        | 35.0-55.0 m  | Arcilla de consistencia dura                |

| ZG   | Abscisa |        | Profundidad | Suelo                          |
|------|---------|--------|-------------|--------------------------------|
|      | Inicio  | Fin    |             |                                |
| ZG-3 | K4+400  | K4+855 | 0.00-40.0 m | Arcilla de consistencia blanda |
|      |         |        | 40.0-43.0 m | Arcilla de consistencia media  |
|      |         |        | 43.0-55.0 m | Arcilla de consistencia dura   |
| ZG-4 | K4+855  | K5+720 | 0.0-0.20 m  | Arcilla de consistencia blanda |
|      |         |        | 20.0-33.0 m | Arcilla de consistencia media  |
|      | K6+265  | K6+580 | 33.0-55.0 m | Arcilla de consistencia dura   |
| ZG-5 | K5+720  | K6+265 | 0.0-20.0 m  | Arcilla de consistencia blanda |
|      |         |        | 20.0-30.0 m | Arcilla de consistencia media  |
|      |         |        | 30.0-40.0 m | Arcilla de consistencia firme  |
|      |         |        | 40.0-55.0m  | Arcilla de consistencia dura   |

Tabla 1. Zonificación geotécnica.

#### 3.1.2. Propuesta de cimentación

Con el fin de desarrollar los objetivos del estudio orientados a la selección del sistema de cimentación para el puente, se planteó la metodología que se describe a continuación:

- Ejecución del programa de exploración del subsuelo, el cual consiste en la realización de perforaciones mecánicas, ensayos geofísicos y sondeos mediante CPT y SPT.
- Planteamiento del modelo geotécnico de análisis y selección de los parámetros de diseño, mediante la integración de los ensayos de caracterización física y mecánica obtenidos de las pruebas de campo y laboratorio.
- Análisis geotécnicos
- Viaducto del Gran Manglar y retorno
- Ejecución de los análisis geotécnicos de capacidad de carga según la metodología propuesta para suelos cohesivos y la recomendada para suelos granulares.
- Ejecución de los análisis de asentamientos en función de la magnitud de las cargas que serán impuestas y cálculo de coeficientes de reacción vertical (Kv) y horizontal (Kh), requeridos para el respectivo diseño estructural, propuesta para suelos cohesivos y la recomendada para suelos granulares.

Teniendo en cuenta las propiedades geomecánicas establecidas para los materiales que conforman el perfil stratigráfico en los sectores donde quedaron localizados los apoyos de los puentes, se determinó que el tipo de cimentación más adecuado para las estructuras proyectadas es mediante cimentación profunda.

Considerando la magnitud de las cargas a transmitir a nivel de cimentación, así como las condiciones stratigráficas, se analizaron pilotes de diferente longitud teniendo en cuenta tanto el aporte por fricción como el de punta, manteniendo un diámetro de 1.0 m.

### 3.1.3. Estabilización y conformación de la zona

Para garantizar la estabilidad de la estructura a largo plazo y dados a los resultados obtenidos en cuanto a la capacidad de carga, asentamiento y estabilidad global, se utilizó poliestireno expandido (EPS) para la conformación de terraplenes, el cual sirvió como material de relleno con el fin de disminuir el consumo del recurso del suelo proveniente de canteras reduciéndose en 9.711, 25 m<sup>3</sup>, además de reducir las tensiones y proporcionar control en los suelos.



Ilustración 14. Uso de EPS para la conformación de terraplenes

La espuma rígida de Poliestireno Expansivo a densidades entre 20 y 30 kg/m<sup>3</sup>, posee una alta resistencia a la compresión, flexión y corte, permitiendo distribuir tanto las cargas vivas como los pesos muertos proporcionando una eficiencia mayor que si se emplearan materiales convencionales para el mejoramiento de los suelos. Cabe aclarar que por su composición aire-plástico no desprende sustancias contaminantes, es 100% reciclable por su característica de célula cerrada no absorbe agua, no se degrada y por tanto no contamina.

### 3.2. Estudio de diseño geométrico

La Unidad Funcional 2 inicia en el K1+905 empalmado con el Gran Viaducto y termina en el K7+572. Se divide en dos sectores, los cuales se describen a continuación:

- Sector 1: Corresponde a la construcción del Gran Viaducto (K1+840 – K6+573), sobre la Ciénaga de La Virgen como calzada derecha sentido Cartagena – Barranquilla. En el K5+880 se conecta con el carril de desaceleración del retorno del Gran Viaducto con la vía existente en sentido Cartagena – Cartagena. En la abscisa K1+840, después de elevarse sobre la intersección Cielo Mar, la calzada Derecha se encuentra sobre la cota +9.0, con el fin de pasar por encima de los cuerpos existentes de manglares. El Viaducto se desarrolla con una pendiente ascendente del 0.04% hasta la abscisa K4+230.181, cambiando a una pendiente descendente del -0.17% hasta la abscisa K6+467.014 y continúa su descenso con una pendiente del -1.92% hasta encontrar el estribo final del Viaducto en la K6+573.
- Sector 2: Inicia como calzada derecha sentido Cartagena – Barranquilla con el empalme del Gran Viaducto en la K6+573. Más adelante se conecta con el carril de aceleración del retorno del K6+600 (sentido de flujo operacional Barranquilla – Barranquilla). En el K7+020, la proyección de la vía se conecta con el puente sobre Caño Mesa, subiendo la cota de la rasante con el fin de permitir el área hidráulica necesaria. El trazado de la vía se empalma en el K7+320 con el carril de desaceleración del retorno del K7+410 (sentido de flujo operacional Cartagena

- Cartagena), ambos retornos se plantean para dar solución de acceso a las poblaciones de Tierra Baja y Puerto Rey. El sector culmina en el K7+572 empalmando con la calzada derecha de la UF3 de la vía al Mar, la rasante corresponde a la cota existente de la Unidad Funcional 3.

El diseño geométrico definitivo es el resultado de la interacción de un grupo interdisciplinario de diversas especialidades (Geología, Hidráulica, Geotecnia, Pavimentos, Estructuras, Ambiental, Social, Predial, Economía) con la finalidad de lograr un proyecto equilibrado y acorde con las condiciones de la zona de implantación.

El diseño presentado mejora las condiciones de operación, disminuyendo los tiempos de viaje, aumentando la comodidad y seguridad vial, impactando directamente en el desarrollo de esta zona desde el punto de vista turístico y comercial.

La localización del Viaducto del Gran Manglar sobre la Ciénaga de La Virgen se puede observar en las Ilustraciones 15 y 16.

Fuente: Google Earth



Ilustración 15. Localización del Gran Viaducto

Ilustración 16. Localización puente retorno La Boquilla

### 3.3. Estudio y diseños de estructuras

#### 3.3.1. Viaducto del Gran Manglar



Ilustración 17. Viaducto del Gran Manglar

La estructura “VIADUCTO DEL GRAN MANGLAR” comienza en el K1+838.681 y termina en K6+572.681 permitiendo de conectar las ciudades de Cartagena y Barranquilla.

La estructura está compuesta por ciento veintinueve (129) vanos, constituido por un grupo de 6 pilotes prefabricados huecos de concreto (resistencia de 55 Mpa) de 1.00 m de diámetro y de longitud variable según las características del suelo de fundación, los cuales sirven de apoyo al cabezal en concreto postensado (resistencia 50 Mpa) compuesto por tres (3) secciones, que aunado a los aisladores sísmicos conforman el apoyo de las vigas que a su vez soportan el tablero. Cada vano cuenta con una luz típica de 37.0 m de largo, soportado en tres (3) vigas pre-tensadas en concreto (resistencia 50 Mpa) con una losa superior de espesor 0.20 m (resistencia 28 Mpa), siendo el único elemento vaciado in situ.

Por otro lado, la sección transversal proyectada en todo el tramo del Viaducto es de 11.70 m compuesto por dos (2) carriles de tráfico mixto de 3.65 m en el mismo sentido de flujo direccional (Cartagena-Barranquilla), bermas a cada lado de 1.8 m y barreras de contención de tráfico vehicular en concreto tipo New Jersey a lado y lado de 0.4m cada una.

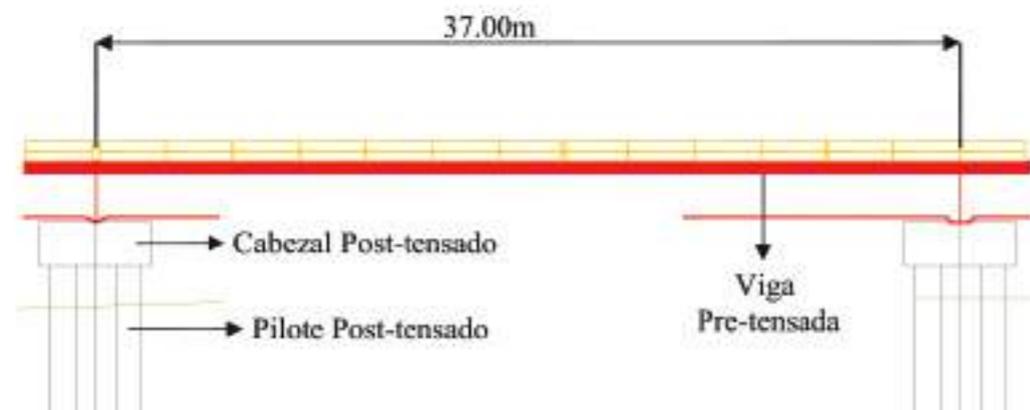
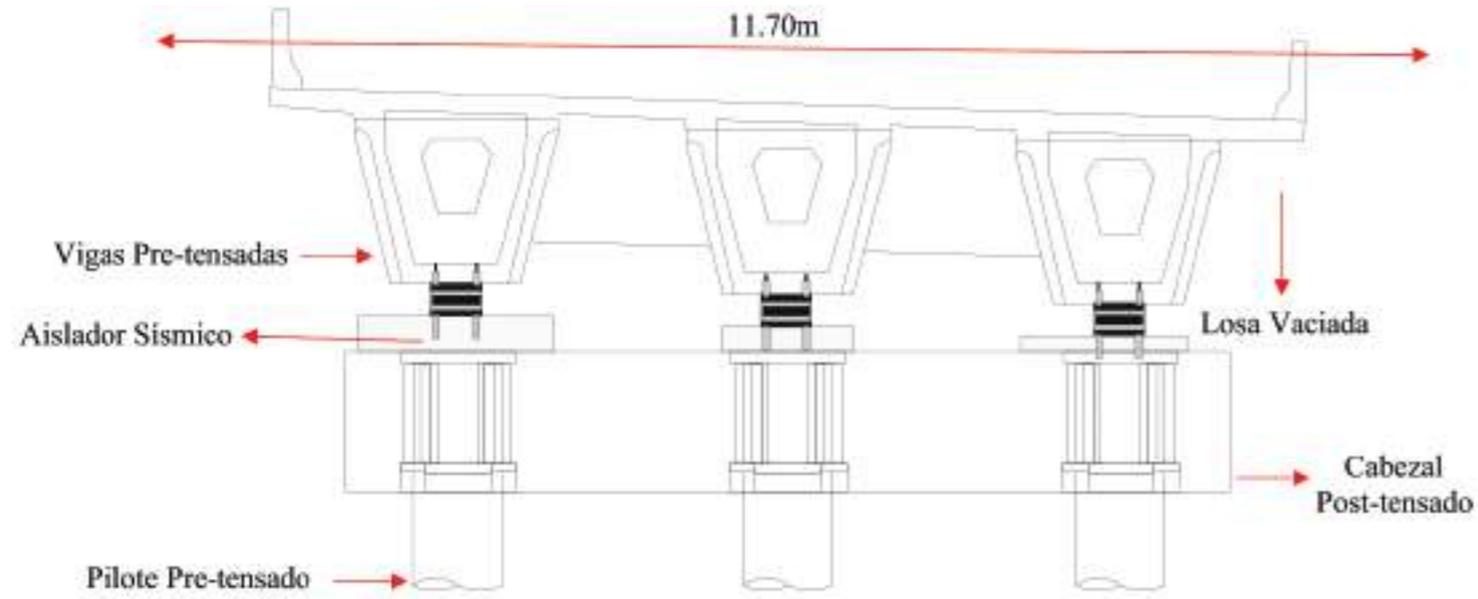


Ilustración 18. Estructura del Gran Viaducto

La subestructura se compone en pilotes huecos prefabricados con 1000mm de diámetro. Se disponen 6 pilotes por cada apoyo del tablero con una longitud que varía según las características del suelo de fundación.

Los pilotes que exceden una cierta longitud son compuestos por dos piezas que son vinculadas durante el hincado por medio de una conexión pernada (macho – hembra).

En caso de que se viera necesario, los pilotes eran cortados a una altura que permitiera alcanzar el correcto nivel teórico del cabezal. Los cabezales se componen de tres segmentos prefabricados que tienen una conexión integral con los pilotes por medio de un vaciado in-situ materializado una vez que los tres segmentos se encuentran en posición final.

La unidad longitudinal típica, corresponde a tres vanos que se conectan con una losa de continuidad, las juntas de dilatación sirven para conectar las distintas unidades longitudinales del proyecto.

#### a) Pilotes pre-tensados

Los pilotes fueron diseñados de acuerdo con el informe geotécnico realizado en la zona, el cual fue explicado en el ítem anterior:

| Longitud (m)  | Diámetro (m) | Peso Ton/m | Características   |
|---------------|--------------|------------|---|
| 32.50 a 50.50 | 1.00         | 1          | Núcleo hueco de 14 cm de espesor.<br>Punta abierta o cerrada. |

Tabla 2. Características de los pilotes pre-tensados del Viaducto.

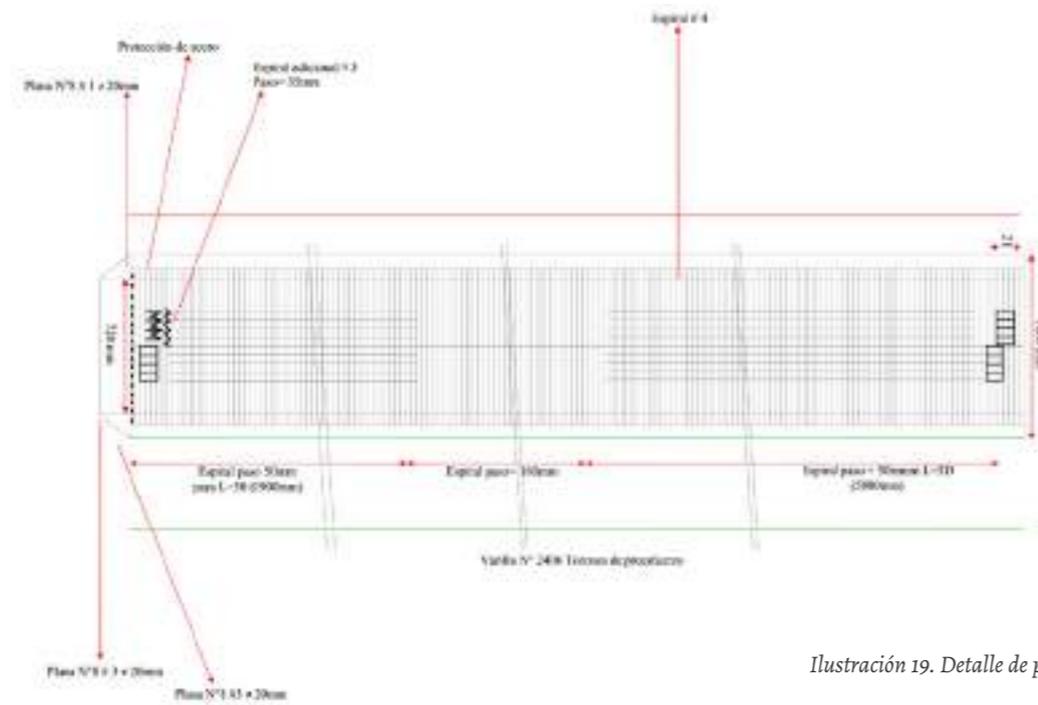
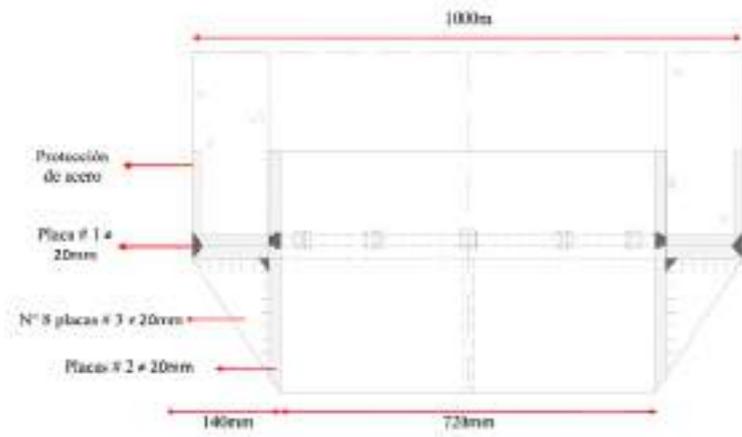


Ilustración 19. Detalle de pilotes de punta abierta.

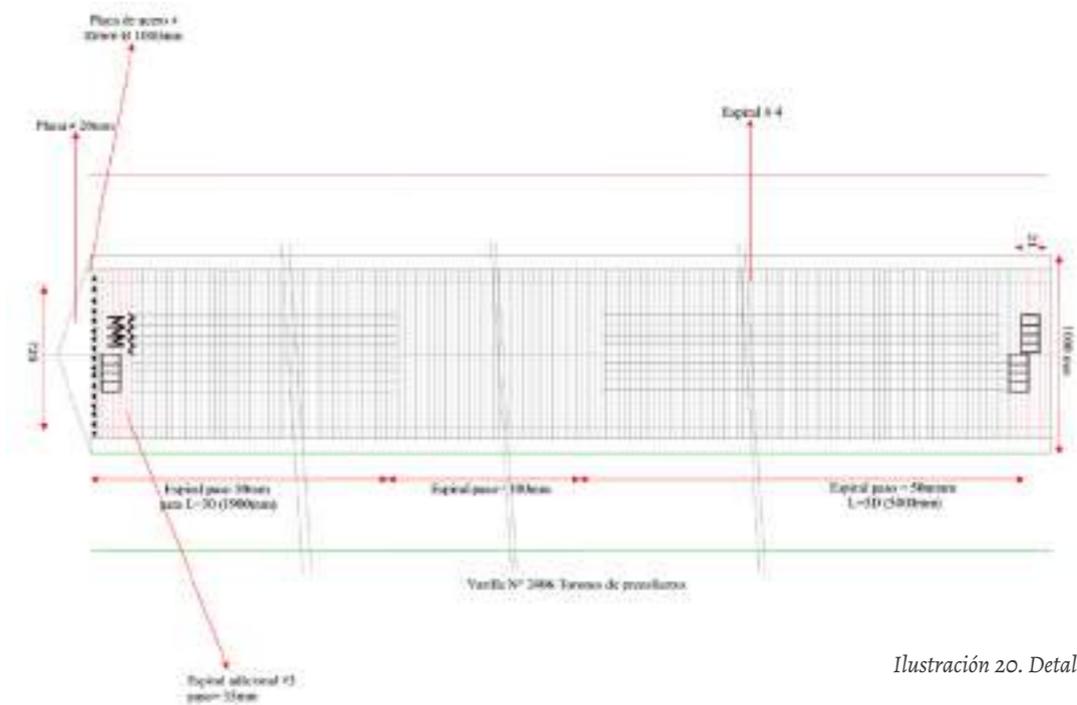
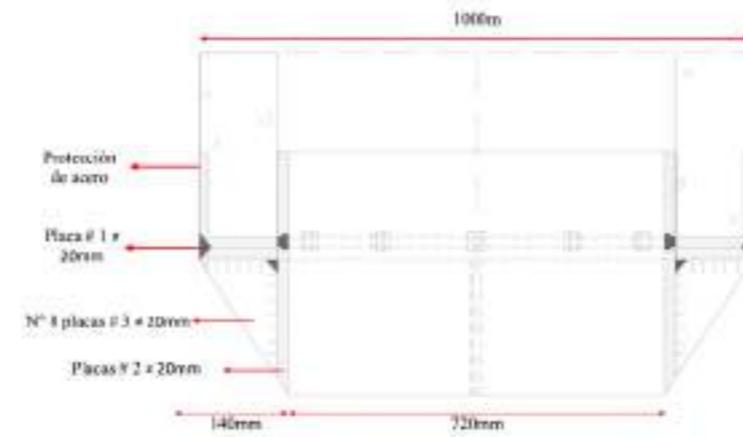


Ilustración 20. Detalle de pilotes de punta cerrada.

b) Cabezal tipo post-tensado

| Altura (m) | Ancho (m) | Ancho de 3 secciones (m) | Longitud (m) | Peso Ton/m | Característica            |
|------------|-----------|--------------------------|--------------|------------|---------------------------|
| 1.50       | 3.40      | 10.20                    | 4.50         | 135        | Compuesto por 3 secciones |

Tabla 3. Características de cabezal tipo del Viaducto.

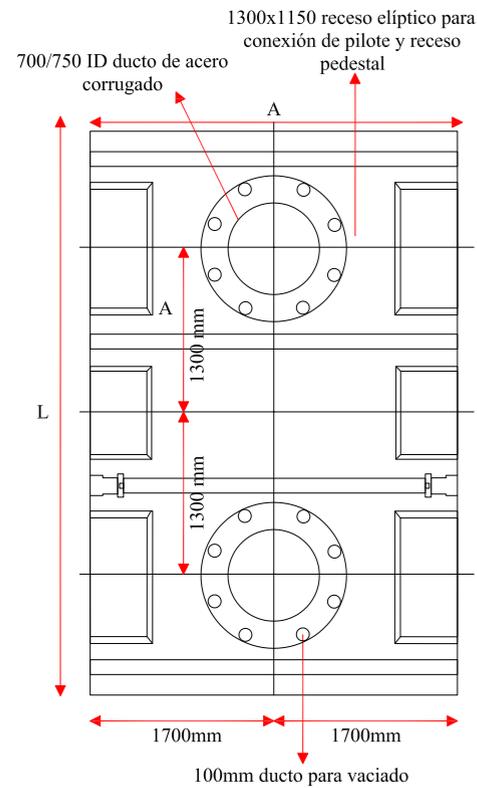


Ilustración 21. Sección Típica Cabezal tipo compuesto por tres secciones.

c) Vigas tipo Pre-tensadas Tipo Cajón

| Longitud (m) | Altura H (m) | Ancho A1 Superior (m) | Ancho A2 Inferior (m) | Peso (Ton) |
|--------------|--------------|-----------------------|-----------------------|------------|
| 37.00        | 1.75         | 2.30                  | 1.20                  | 87.00      |

Tabla 4. Características de viga tipo cajón pre-tensada.

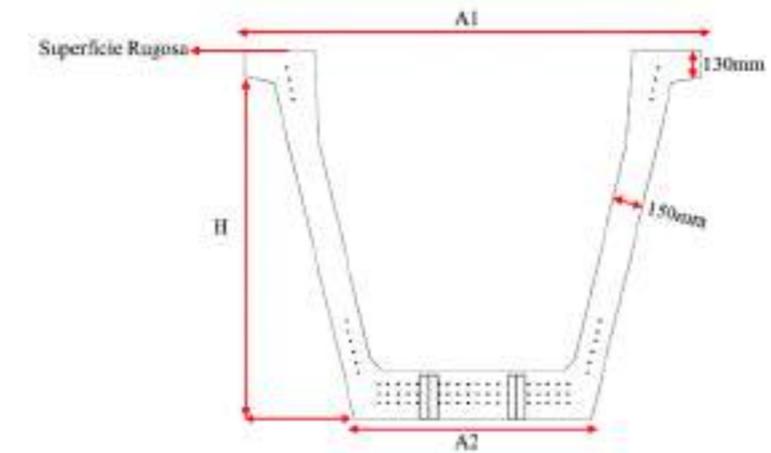


Ilustración 22. Sección típica de la Viga



### 3.3.2. Estructura Retorno La Boquilla



Ilustración 23. Retorno La Boquilla

La sección transversal del retorno La Boquilla está compuesto por trece (13) vanos, constituido por tres vigas artesas pretensadas con separaciones de 3.7 m trabajando en sección compuesta con una losa reforzada de 0.20 m de espesor. La losa maciza transmite las cargas hacia las vigas artesas y estas mediante aisladores sísmicos la transmiten a la infraestructura. Las cargas provenientes de la superestructura y el peso propio de la infraestructura se transmiten adecuadamente al terreno mediante pilotes prefabricados huecos de 1.00m de diámetro exterior. Todo el retorno está compuesto de vigas simplemente apoyadas de 20 metros de longitud para un total de 360m, cada viga se apoya sobre un aislador y este sobre un pilote que está unido mediante un dado prefabricado.

El dimensionamiento de todos los elementos, se hizo basado en la norma Colombiana CCP-14 resaltando el uso del pretensado en la mayoría de los elementos, incluidos los pilotes.

#### a) Pilotes pre-tensados

| Longitud (m)  | Diámetro (m) | Características  |
|---------------|--------------|--|
| 41.50 a 46.00 | 1.00         | Núcleo hueco de 14 cm de espesor. Punta abierta o cerrada. |

Tabla 5. Características de los pilotes pre-tensados del retorno.

#### b) Cabezal tipo post-tensado

| Altura (m) | Ancho (m) | Ancho de 2 secciones (m) | Longitud (m) | Característica            |
|------------|-----------|--------------------------|--------------|---------------------------|
| 1.50       | 3.40      | 6.80                     | 4.50         | Compuesto por 2 secciones |

Tabla 6. Cabezal tipo post-tensado del retorno.

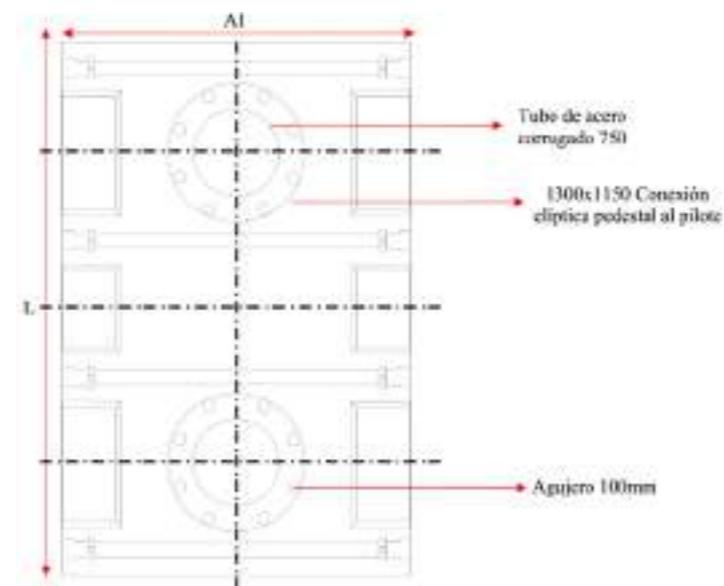


Ilustración 24. Sección típica cabezal tipo post-tensado del retorno.



Ilustración 25. Sección típica cabezal tipo post-tensado del retorno compuesto por dos secciones.

c) Vigas tipo pre-tensadas tipo cajón

| Longitud (m) | Altura (m) | Ancho 1 Superior (m) | Ancho 2 Inferior (m) |
|--------------|------------|----------------------|----------------------|
| 20.00        | 1.75       | 2.30                 | 1.20                 |

Tabla 7. Característica viga tipo cajón pre-tensada del retorno.

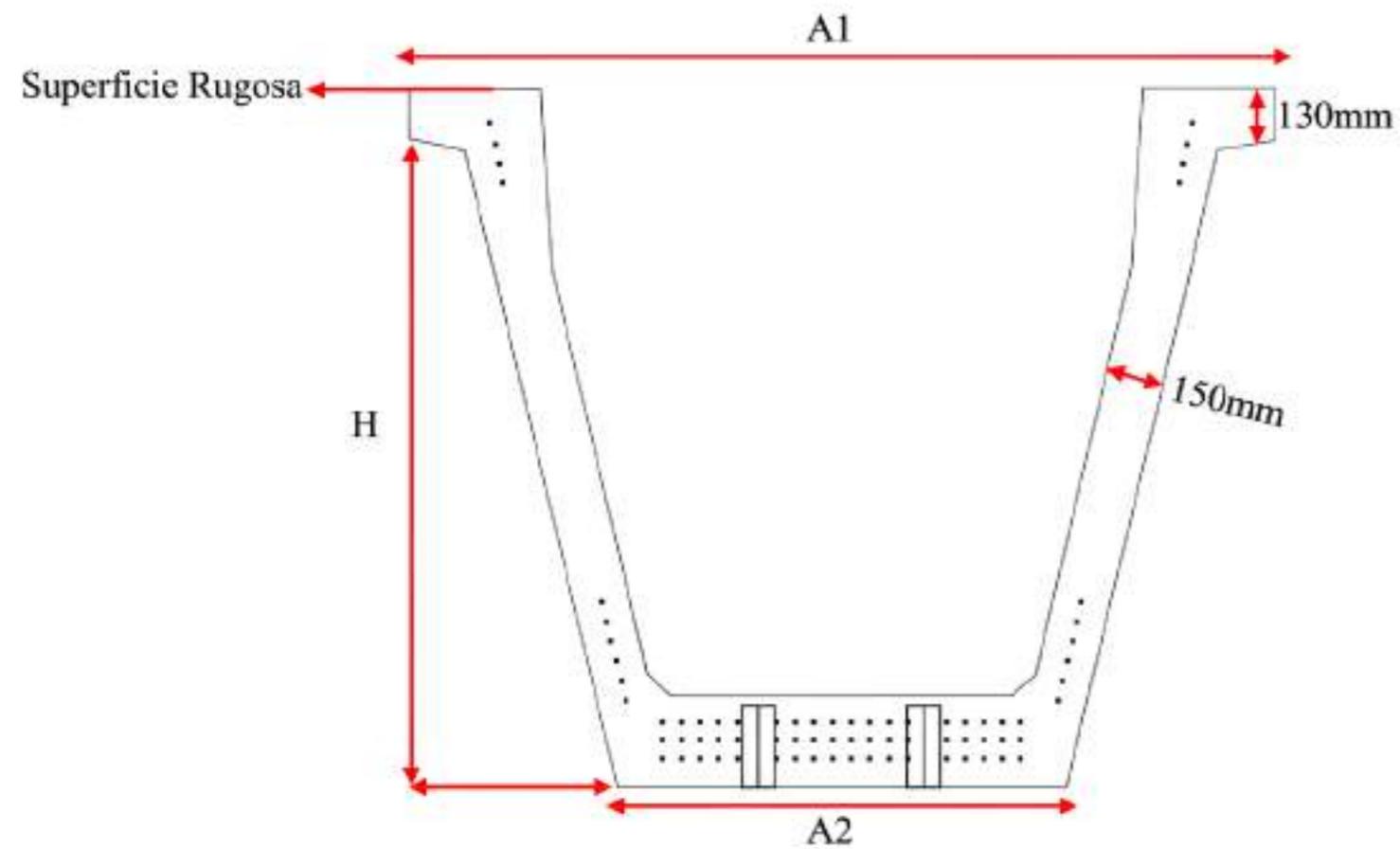


Ilustración 26. Sección típica viga cajón pre-tensada del retorno.

### 3.4. Estudio de hidrología e hidráulica

#### 3.4.1. Diseño de trampa de grasas y aceites para el Gran Viaducto

La ciénaga de La Virgen es una laguna costera ubicada al norte de la ciudad de Cartagena y separada del mar por el cordón de arenas de La Boquilla. Tiene forma de pera, estrecha en el norte y amplía en el sur, con anchura máxima de 4.5 km, y tiene una longitud de unos 7 km, un espejo de agua de unos 22,5 km<sup>2</sup> y profundidades de hasta 1,6 m. Se comunica con el sistema de Caños y lagunas internas de la ciudad a través del caño Juan Angola. Sobre el costado oriental existe una zona de manglares y zonas pantanosas que cubren un área de 7,5 km<sup>2</sup>.

La escorrentía urbana se considera como una fuente de contaminación de difícil localización, ya que se origina en áreas extensas; su vertido es intermitente, ligado a un fenómeno aleatorio (la lluvia) variable en el tiempo, difícil de muestrear, en origen y relacionada con el uso del suelo. Por lo tanto y a manera preventiva se propuso un sistema de drenaje, que consiste en la implementación de estructuras de captación ubicada en cada pilar de apoyo del Viaducto que permitirá realizar la retención de residuos sólidos provenientes de la vía (basuras, latas y plásticos e incluso atención de contingencias causadas por posibles derrames de aceites), permitiendo únicamente el ingreso de las aguas y algunos sólidos de menor tamaño al sistema colector, de modo que a través de un solo vano ubicado a lo largo de toda la estructura del Viaducto, se desarrolle el sistema de drenaje de aguas lluvias y se entregue a nivel de las corrientes de la Ciénaga.

Dicho proceso se lleva a cabo mediante un sistema de separación gravitacional, aprovechando la diferencia de densidad entre el agua y aceite, eficientes para remover aceite libre o dispersiones fácilmente separables, en este sentido la trampa es un tanque o caja que presenta un comportamiento de entrada y un separador o tabique de salida. El tabique o separador puede ser sustituido por una tubería siempre que no alcance a tocar el fondo de la caja lo que permitirá la comunicación de las aguas contenidas en los compartimientos.



Ilustración 27. Comportamiento de una trampa de grasas

Los cálculos efectuados dieron como resultado un tanque (trampa grasas y lubricantes) con dimensiones de largo de 13.00 m y 0.50 m de ancho localizados en cada apoyo del puente. La trampa solo tiene capacidad para un único vano del Viaducto por lo que en su entrada únicamente debe conectarse un vano de máximo 37.00 m de longitud con un ancho de 11.70 m.

A continuación se presenta el diseño del sistema de drenaje en el cual se encuentra incluido el tanque con función de trampa de grasas según el díselo expuesto anteriormente.

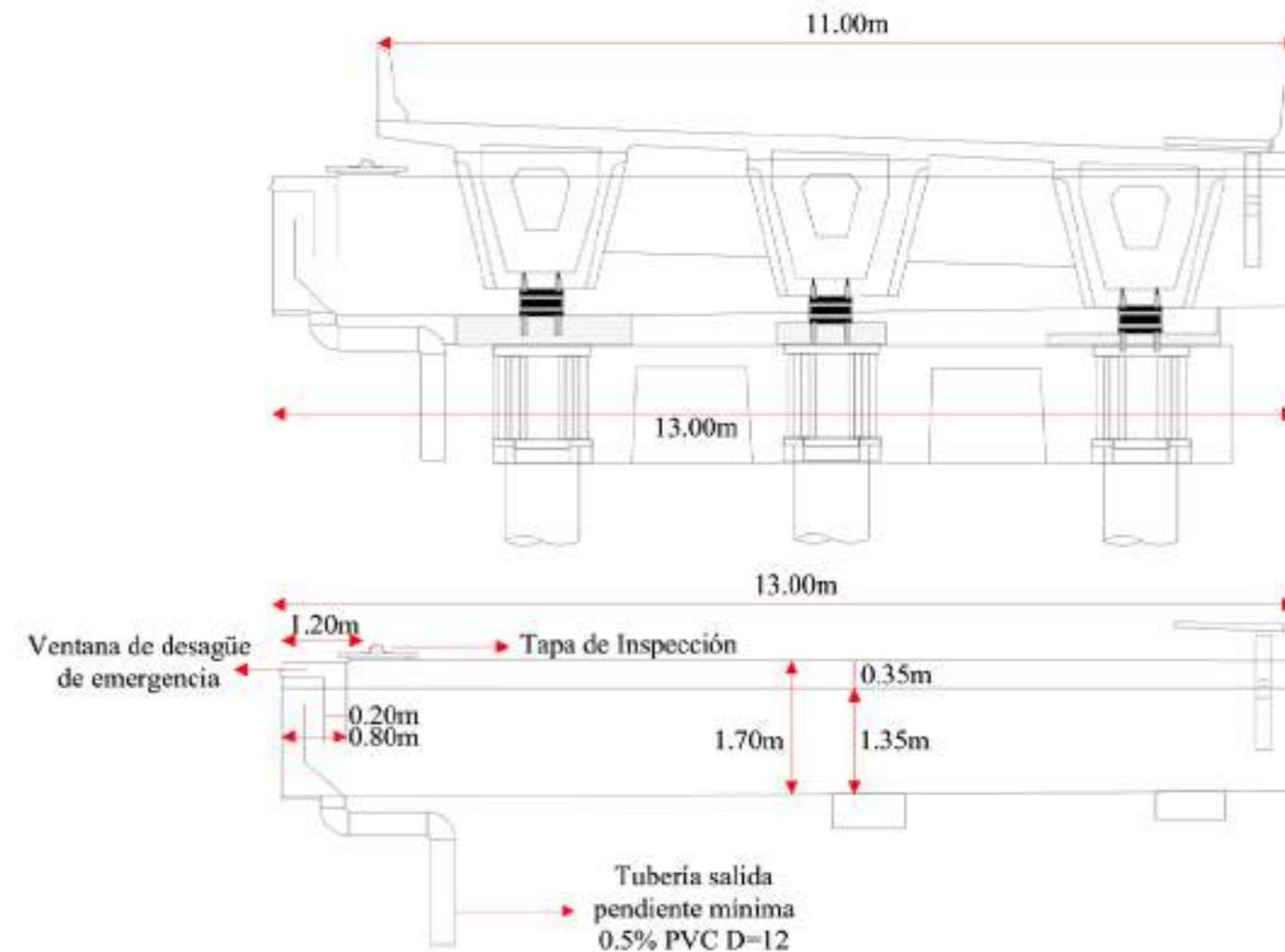


Ilustración 28. Sistema Drenaje de Aguas Lluvias



4

**CONSTRUCCIÓN  
DE LAS OBRAS**

Los elementos estructurales pilotes y vigas pretensadas y cabezales post-tensados, fueron prefabricados en hormigón de alta resistencia de 8000 y 7251 Psi, en un complejo de producción en tierra e instalados utilizando un equipo especial de montaje con dos vigas lanzadoras de 168 m de longitud, 167 Tn de peso cada una, las cuales no requerían acceso desde el suelo y se iban desplazando sobre los mismos apoyos que se iban construyendo. Para cada uno de los 129 vanos (compuestos de 6 pilotes, 3 secciones cabezal y 3 vigas artesas) se utilizaron dos frentes de trabajo, con las estructuras de lanzamiento especialmente diseñadas para hincar los pilotes de 32,5-50,5 m de longitud, completar el posicionamiento de los cabezales, lanzar y colocar las vigas en un tiempo récord, alcanzando una tasa de producción mensual de 6 vanos de 37.00 m en promedio (222 m), con un pico máximo de 13 vanos en un mes (481 m). El único elemento fundido in situ fue la losa superior.

#### 4.1. Etapa de prefabricación

##### 4.1.1. Adecuación del patio de prefabricados y prefabricación

Se planteó prefabricar todos los elementos en un patio de prefabricados de 112,402.15 m<sup>2</sup> de área totalmente equipado y funcional, con el equipo necesario para ejecutar las operaciones de prefabricación y almacenamiento de elementos estructurales (120 vigas, 98 cabezales apilados de dos en dos y 198 pilotes) incluyendo maquinarias, tales como, carros grúas, pórticos sobre neumáticos (tipo elefante), grúas elevadas, patrones de refuerzo, equipo hidráulico y equipo para el curado a vapor entre otros. Los prefabricados serán transportados y almacenados en un área específica del patio. A continuación, se detalla las áreas de producción y almacenaje dentro del patio:

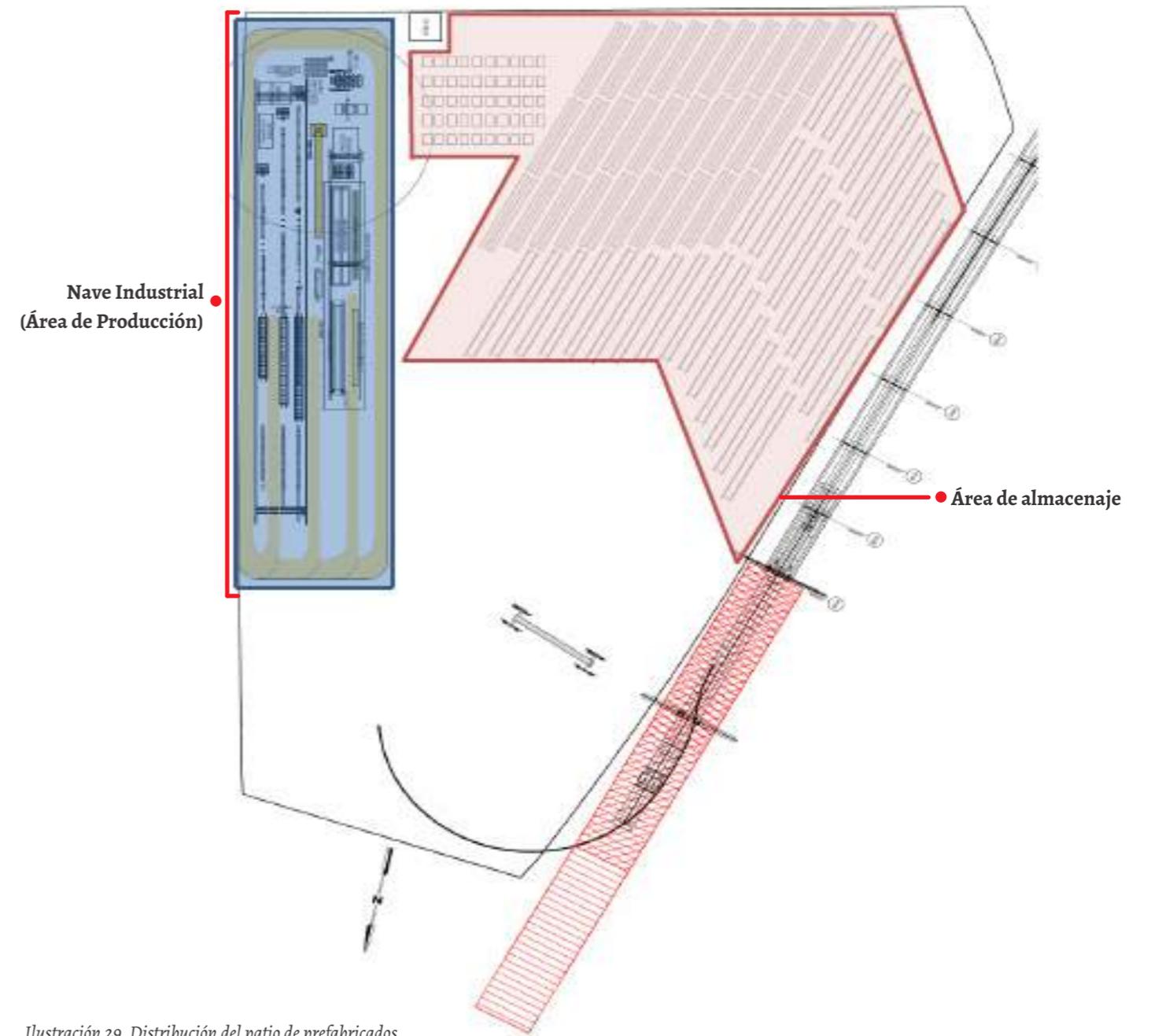


Ilustración 29. Distribución del patio de prefabricados



Ilustración 30. Vista panorámica del patio de prefabricados

Todo el proceso de producción de armaduras y torones, armado de refuerzo, ajuste de moldes, pre-tensionamiento de pilotes y vigas, post-tensado de cabezal, vaciado de concreto bajo el sistema de vibrado, igual que un sistema de curado a vapor (a 65°C) para las vigas y pilotes que permitía brindar la humedad necesaria para la hidratación y al mismo tiempo una resistencia temprana al hormigón, el desmoldado se ejecutó en la **Nave Industrial**.

En la siguiente Ilustración se detalla el área de producción de cada elemento:

**Zona verde:** Corresponde al área de producción de los pilotes, en la cual se ubicaron dos (2) grúas de 25 Ton cada una, tres (3) moldes para pilotes de diferentes longitudes junto a su estación para extracción y por último las plantillas para su armadura.

**Zona naranja:** Corresponde al área de producción de las vigas, la cual estaba cubierta por un edificio, dos (2) grúas de 10 Ton cada una, un (1) molde y dos (2) plantillas para armadura.

**Zona púrpura:** Corresponde al área de producción de los cabezales, equipada por una (1) torre grúa, por un (1) molde y 3 plantillas de armadura.

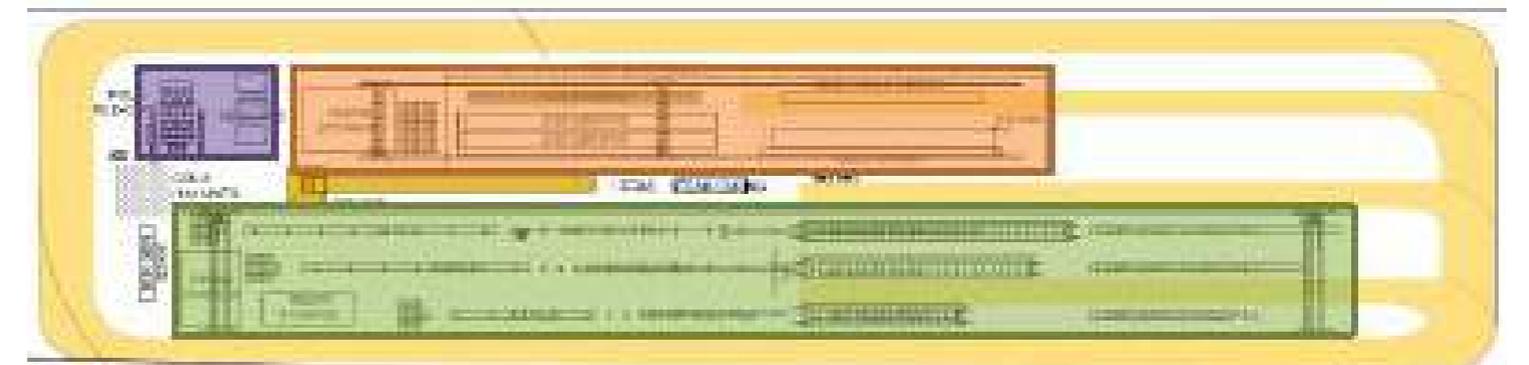


Ilustración 31. Zonas en el área de producción



Ilustración 32. Nave Industrial

#### 4.1.2. Procedimiento para el armado de refuerzo

El diseño de refuerzo para los elementos de concreto prefabricado estuvo conforme con las especificaciones de diseño del proyecto. Principalmente las barras de refuerzo fueron ubicadas en el patio de prefabricados, ya cortadas, dobladas y almacenadas en un área específica. Al completar el armado, cada armadura de refuerzo fue marcada y/o etiquetada con el número del elemento correspondiente, con el fin de llevar un mayor control de calidad y lograr identificarlas fácilmente.

Se utilizaron diferentes plantillas para la estructuración de la armadura de refuerzo para cada tipo de elemento:

Dos (2) plantillas de refuerzo para las vigas, tres (3) plantillas de refuerzo para los elementos de cabezales y tres (3) para los pilotes.

#### 4.1.2.1. Procedimiento de Tensionamiento

Para los elementos pre-tensionados como son las vigas y pilotes, todos los torones fueron instalados durante el ensamblaje de las armaduras de refuerzo.

- Vigas: Luego de colocar la capa externa de la barra de refuerzo, 74 torones fueron tensionados como sigue: 3 tensionamientos de 18 torones para las 3 capas inferiores, 1 tensionamiento de 12 torones para la parte baja lateral del elemento armado y 2 tensionamientos de 4 torones para la parte alta del elemento armado. Cabe anotar que todos los torones fueron pasados a través de los agujeros de los mamparos y de las plantillas auxiliares de los extremos.
- Pilotes: Después de posicionar los espirales, 24 torones fueron tensionados.
- Cabezales: Los ductos de post-tensión y los torones fueron posicionados dentro de la armadura de refuerzo durante el armado de esta. Todos los elementos embebidos (dispositivos de izajes, ductos para soportes en las vigas, tuberías para enchufe del segundo vaciado en los cabezales, etc.) fueron colocados dentro de la armadura de refuerzo mientras la misma fue ensamblada en las plantillas y atados con la finalidad de evitar desplazamientos durante las operaciones de fabricación.

#### 4.1.2.2. Procedimiento para el manejo de la armadura de refuerzo y posicionamiento en el molde

La armadura de refuerzo se fijó a la viga de izaje por medio de cadenas, las mismas fueron conectadas a la barra de refuerzo más grande y entonces fijadas en las ranuras de las vigas de izaje. Antes de posicionar la armadura de refuerzo en el molde correspondiente, se fijaron los separadores para las barras en las caras externas de la armadura, finalmente los espaciadores inferiores tuvieron la resistencia adecuada para soportar el entero peso de la armadura.

#### 4.1.2.3. Procedimiento de levantamiento de los elementos

##### Vigas

- Colocar las vigas izaje de los dos carros de avance (straddle carriers) sobre los dos diafragmas de la viga.
- Colocar las vigas de izaje a los tendones de bucle mediante grilletes luego elevar viga.

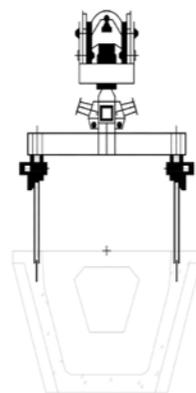


Ilustración 33. Traslado de viga por carros de avance (straddle carriers)

##### Cabezales

- Colocar el carro de avance (straddle carrier) sobre el cabezal
- Colocar viga de izaje a los tendones de bucle mediante grilletes luego elevar cabezal

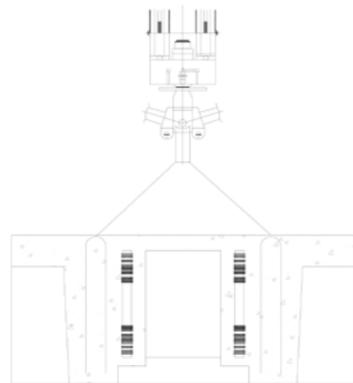


Ilustración 34. Traslado de cabezal por carro de avance (straddle carrier)

##### Pilotes

- Colocar los carros de avance (straddle carriers) sobre la honda
- Colocar las hondas con los ganchos de los carros de avance (straddle carriers) para luego elevar pilote

#### 4.1.3. Ciclo de producción

El rendimiento de producción promedio era variable de acuerdo al tipo de prefabricado. A continuación se plasman los tiempos de producción promedio de cada uno de ellos:

- Pilotes: Un (1) elemento por día con 10 de horas de producción.
- Cabezal: Una (1) sección completa (3 unidades) por 3 días con 10 horas de producción.
- Viga: Un (1) elemento por día con 10 de horas de producción

##### 4.1.3.1. Ciclo de producción de Pilotes

El ciclo de producción de los pilotes se subdivide en las siguientes actividades:

- Posicionamiento de los mamparos en las plantillas
- Posicionamiento de los espirales de refuerzo
- Instalación de los torones
- Ensamblaje final de la armadura de refuerzo
- Posicionar el molde interno dentro de la armadura de refuerzo y abrirlo
- Instalar la armadura de refuerzo con el molde interno dentro del molde
- Insertar los torones en los extremos de tensionado
- Tensionar los torones
- Realizar control geométrico
- Realizar vaciado de concreto bajo el sistema de vibrado
- Realizar acabados
- Cubrir todo el molde con cubiertas de plásticos
- Realizar curado a vapor
- Remoción de las cubiertas y desmolde
- Cerrar el molde interno y extraerlo
- Abrir las formaleas laterales

- Una vez haya alcanzado la resistencia de 55 Mpa se procede a destensar los torones y desencofrar el elemento.
- Etiquetar los elementos
- Cortar los torones
- Realizar nuevamente el control geométrico
- Remoción de los mamparos
- Conectar pilote pre-tensado a la grúa de pórtico
- Traslado de los pilotes al área de acabado
- Traslado de los pilotes al área de almacenamiento



Ilustración 35. Armado del refuerzo



Ilustración 36. Vaciado del concreto



Ilustración 37. Proceso de desencofrado



Ilustración 38. Traslado de pilote



Ilustración 39. Almacenado del área asignada

#### 4.1.3.2. Ciclo de producción de Cabezales

El ciclo de producción de los cabezales se subdivide en las siguientes actividades:

- Ensamblaje de la armadura de refuerzo
- Instalar la armadura de refuerzo dentro del molde
- Instalar formaletas laterales y los mamparos móviles
- Revisión geométrica
- Realizar vaciado de concreto bajo el sistema de vibrado
- Realizar acabados
- Realizar curado a vapor
- Una vez que el concreto haya alcanzado la resistencia de 50 Mpa, desencofrar las formaletas laterales y los mamparos internos.
- Repetir desde el punto 1 al punto 15 para todos los demás elementos de cabezales
- Revisión de control geométrico
- Etiquetar los elementos
- Traslado de los elementos al área de acabado
- Traslado de los cabezales a su área de almacenaje.



Ilustración 40. Armado de refuerzo



Ilustración 41. Instalación del molde



Ilustración 42. Vaciado de concreto



Ilustración 43. Almacenado en área asignada

#### 4.1.3.3. Ciclo de producción de vigas

El ciclo de producción de las vigas se subdivide en las siguientes actividades:

- Posicionamiento de los mamparos en las plantillas.
- Posicionamiento de las barras de refuerzo para formar la armadura de refuerzo.
- Instalación de los torones.
- Ensamblaje de la armadura de refuerzo.
- Instalación de la armadura de refuerzo dentro del molde.
- Insertar los torones en los extremos de tensionado.
- Instalar la formaleta interna.
- Tensión final.
- Revisión geométrica
- Realizar vaciado de concreto bajo el sistema de vibrado
- Realizar acabado
- Realizar curado a vapor
- Remoción de cubiertas y preparación para desmoldar
- Apertura de las formaletas laterales y de los diafragmas
- Remoción de la formaleta interna

- Una vez que el concreto haya alcanzado la resistencia de 50 Mpa, se realiza el destensado de los torones.
- Corte de los torones.
- Revisión de control geométrica.
- Remoción de los mamparos.
- Suspensión de las vigas del molde usando los carros de avance (straddle carriers).
- Traslado de los elementos al área de acabado.
- Traslado de las vigas a su área de almacenaje.



Ilustración 44. Armado del refuerzo



Ilustración 45. Vaciado del concreto



Ilustración 46. Traslado de la viga



Ilustración 47. Almacenamiento en área asignada

La totalidad de los elementos prefabricados se detalla en la siguiente tabla:

| <b>Cantidad Elementos Prefabricados Gran Viaducto</b> |                       |
|---|-----------------------|
| <b>Elemento</b>                                       | <b>Cantidad (Und)</b> |
| <b>Estructura Viaducto</b>                            |                       |
| Pilotes Pre-tensados                                  | 1296                  |
| Cabezales Tipo Post-tensados                          | 397                   |
| Vigas Tipo Cajón Pre-tensadas                         | 391                   |
| <b>Estructura Retorno</b>                             |                       |
| Pilotes Pre-tensados                                  | 138                   |
| Cabezales Tipo Post-tensados                          | 24                    |
| Vigas Tipo Cajón Pre-tensadas                         | 39                    |

Tabla 8. Cantidad de elementos prefabricados.

Los tiempos y las resistencias alcanzadas fueron las siguientes:

| <b>Elemento</b>                   | <b>Resistencia Concreto Alcanzadas</b>                            | <b>Observaciones</b>                                 |
|-----------------------------------|---|--|
| Pilotes Pre-tensados              | 55Mpa TM 3/8" a 28 días. T≤32°C. Contenido de aire <3%. A/C: 0.35 | A las 14 hrs se alcanzan valores promedio de 33.7Mpa |
| Secciones de Cabezal Post-tensado | 50Mpa TM 3/4" a 28 días. T≤32°C. Contenido de aire <3%. A/C: 0.35 | A las 14 hrs se alcanzan valores promedio de 22.2Mpa |
| Vigas Tipo Cajón Pre-tensadas     | 50Mpa TM 3/4" a 28 días. T≤32°C. Contenido de aire <3%. A/C: 0.31 | A las 14hrs se alcanzan valores promedio de 41.8Mpa  |

Tabla 9. Tiempos y resistencias alcanzadas.

#### 4.1.4. Montaje de los elementos prefabricados

Después de que los segmentos obtuvieran la resistencia mínima eran transportados en camabaja desde el patio de prefabricados hacia la zona de construcción, donde la viga lanzadora de 650 Ton con ayuda del martillo a diésel hincó los pilotes huecos, los cuales están compuestos por torones de 15 mm.

Luego de ser chequeado el rechazo al hincado (aprox. 400 golpes/m) se instaló el descabezador y se procedió al corte con el método de hilo diamantado.



Ilustración 48. Posicionamiento vertical del martillo (imagen en tierra)



Ilustración 49. Posicionamiento del martillo con viga lanzadora



Ilustración 50. Hincado de pilotes en vista frontal

En los casos donde la longitud de los pilotes, excedían los 38.00 m de longitud o la distancia del suelo no permitía la rotación, estos se extendieron con una junta mecánica, la cual constaba de una parte macho y la otra hembra que se unieron por medio de una conexión en bayoneta.



Ilustración 51. Hincado de pilotes en vista lateral

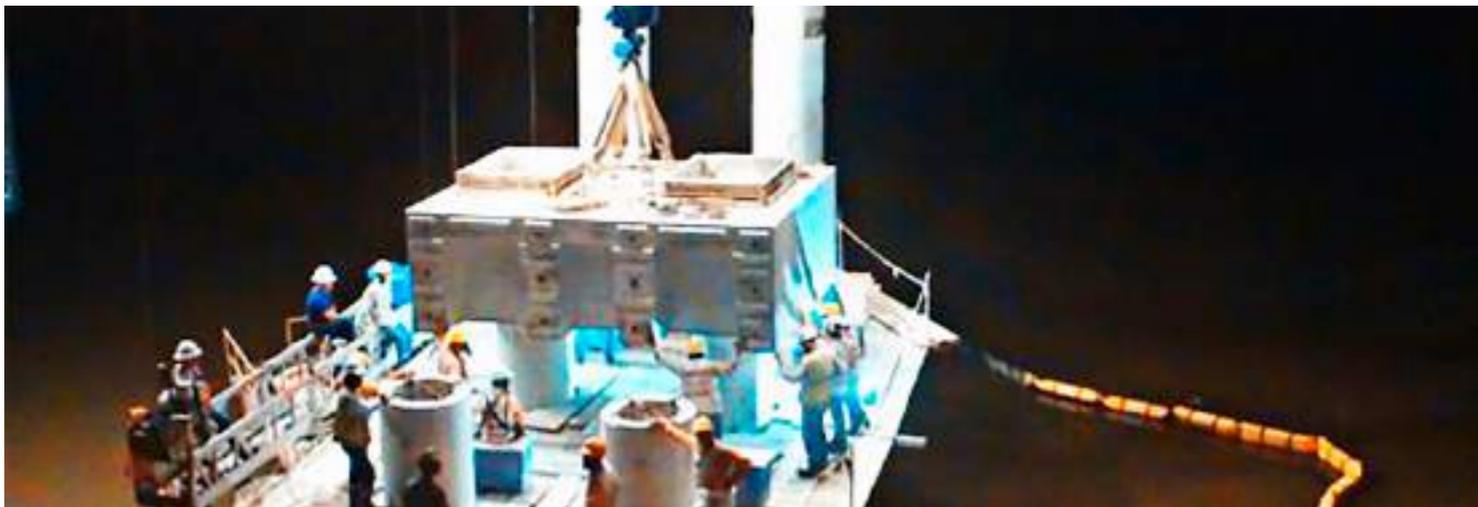


Ilustración 52. Proceso de corte de pilote con hilo diamantado



*Ilustración 53. Acople de pilote mediante junta mecánica*

Después del corte los pilotes son conectados con los cabezales a través de un tapón ubicado entre los dos elementos en una longitud de aproximadamente 1.35 m, consistente en una armadura de acero y concreto de 50 Mpa de segunda etapa.



*Ilustración 54. Instalación de los cabezales con los pilotes del Viaducto*

Los cabezales son unidos inicialmente “in situ” con el post-tensado de 4 barras de 1 ¼” seguido con el post-tensionamiento de 8 cables de 7 torones de 15 mm, para luego erguir las vigas pre-tensadas, en la cual fueron tensionados 74 torones; finalmente las cuadrillas harán el vaciado “in situ” de los diafragmas y tablero.



*Ilustración 55. Proceso de fundida del tapón de acople entre el cabezal y el pilote del Retorno de los cabezales con los pilotes del Viaducto*

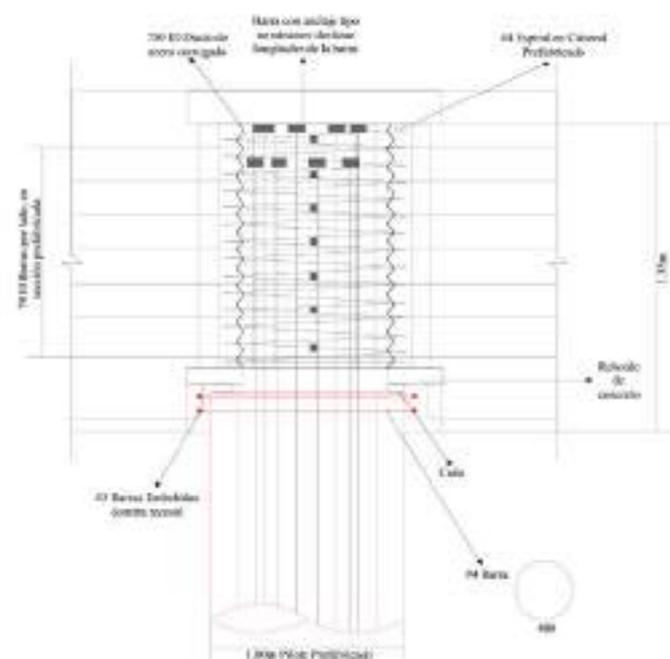


Ilustración 56. Detalle de conexión del tapón de pilote



Ilustración 57. Instalación de las vigas



Ilustración 58. Armado de la losa del tablero

Una vez conectados los elementos prefabricados, se procede con el armado de la losa tablero mediante la utilización del sistema metal deck, seguido con la fundida “in-situ”, la cual alcanzó una resistencia de 28 MPa en concreto acelerado a los tres (3) días.



Ilustración 59. Fundida de la losa del tablero

Todo el sistema de lanzado se ubicó sobre las zonas construidas del Viaducto a través de la viga lanzadora, eliminando el transporte de material de construcción sobre la Ciénaga de La Virgen avanzando a medida que se iba desarrollando el proyecto. La instalación de los pilotes se realizó mediante la traslación del sistema de lanzado sobre su eje horizontal (x) y el levantamiento del martillo neumático sobre su eje vertical (y) bajando en este los pilotes que habían sido transportados y ubicados previamente sobre la estructura de lanzado y el martillo mediante un sistema de traslado de malacate (winch) doble.



Ilustración 60. Construcción de vanos Gran Viaducto

## 4.2. Etapa de construcción

### 4.2.1. Características de la Viga Lanzadora

- **Martillo**
  - Compuesta por dos (2) martillos diésel.
  - Fuerza máxima de hincado: 450 Ton (4500 kg).
  - 10 Ton (10000 kg) peso pistón.
- **Malacate (Winch)**
  - Dos (2) malacates (winches), 12m/min, 50 y 40 Ton.
  - Dos (2) soportes tipo rieles para traslado de elementos.
  - Dos (2) apoyos fijos y dos (2) apoyos móviles para el desplazamiento de la viga longitudinal.



Ilustración 61. Martillo diésel de la viga lanzadora



Ilustración 62. Malacate (Winch) de la viga lanzadora



Ilustración 63. Viga Lanzadora

**Características Martillo Diesel**  
**Berminghammer Fondation Hammer Modelo B-6505 HD**

|   |   |
|---|---|
| Peso de pistón:<br>Energía nominal  | 22050 lb (10000 kg)<br>220500 ft*lbs (300 kj)                         |
| Desplazamientos a Energía Nominal:  | 10.0 ft (3.0 m)<br>38 golpes por minuto                               |
| Desplazamientos físico máximo:<br>Rango de operación                                      | 13.0 ft (4.0 m)<br>4.5-11-5 ft (1.4-3.5 m)<br>56-35 golpes por minuto |
| Energía cinética a carrera nominal  | 152150 ft*lbs (206 kj)  |
| Peso martillo-martillo sin accesorios:<br>Peso con guías de caja típicas estilo americano | 42210 lbs (19190 kg)<br>42860 lbs (19480 kg)<br>37 en (940 mm) guías  |
| Capuchón típico de martillo:  | 2600 lbs (1180 kg)  |
| Peso total típico de operación  | 45460 lbs (20660 kg)<br>Con guías, viaje y capuchón                   |
| Capacidad tanque de combustible:<br>Capacidad tanque de aceite                            | 45.0 US Gal (170 L)<br>9.5 US Gal (36 L)                              |
| longitud total:<br>Longitud incluyendo Capuchón:  | 20.5 ft (6.3 m)<br>23.0 ft (7.0 m)                                    |
| Tamaño mínimo de guía de caja   | 37 in (940 mm)  |

Tabla 10. Características generales del Martillo Diésel.



Ilustración 64. Martillo hidráulico

#### 4.2.2. SISTEMA TOP DOWN - Proceso constructivo

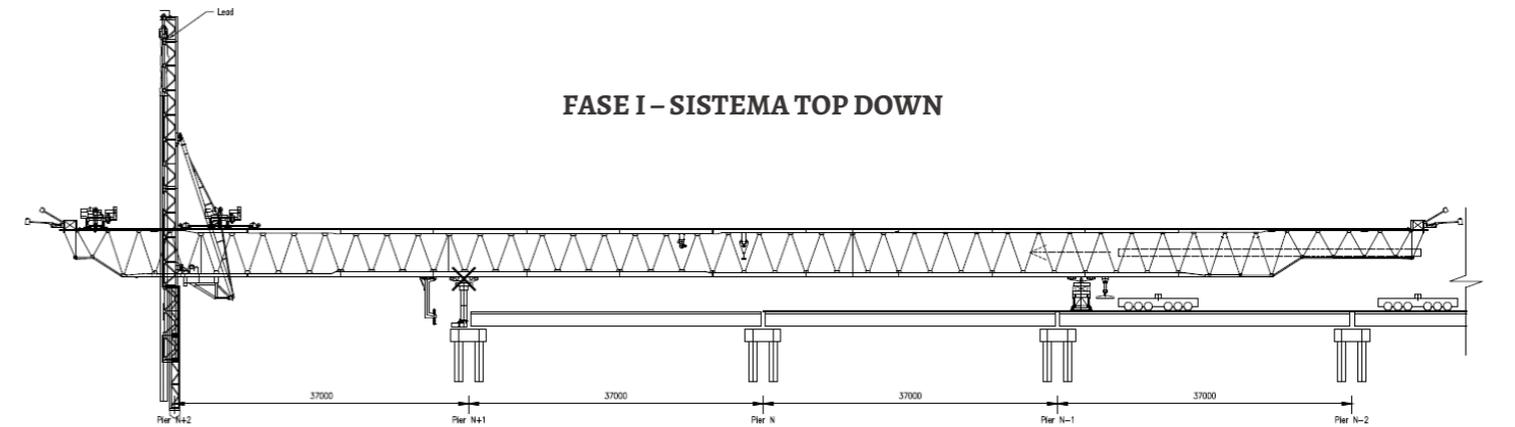
El proceso constructivo se realizó por medio de dos frentes de tal forma que se pudiera avanzar lo más rápido posible con el proyecto. Por tal motivo se contó con dos vigas lanzadoras, cada una de 167 Toneladas de peso y 168 metros de longitud las cuales conducían los elementos prefabricados hasta su punto de instalación haciendo el ensamble sin tocar el suelo de la ciénaga en un punto diferente al punto de hincado de los pilotes. De este modo se logró culminar en tiempo récord la obra de 5,4 Km de largo de los cuales 4,72 Km se encontraban sobre el espejo de agua. Este sistema constructivo, nunca antes utilizado en el país, se lo conoce como el sistema “Top Down” el cual permite hacer una construcción de arriba hacia abajo y permitiendo en este caso, tener una disminución del impacto sobre el ecosistema de 94,54%.

Cabe destacar que para el posicionamiento de la Viga lanzadora en el frente del costado Cartagena, se construyó el puente Cielo Mar de longitud 149.00 m, debido a la baja capacidad portante del suelo de fundación, utilizando la misma metodología del proceso constructivo del Gran Viaducto.



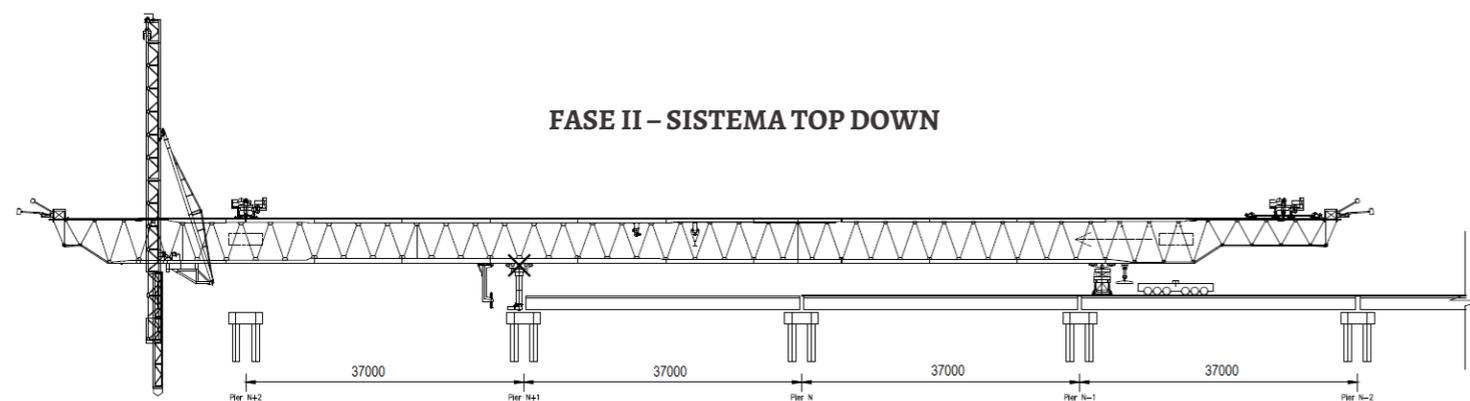
Ilustración 65. Vista lateral de los dos frentes de trabajo del Gran Viaducto

Con el fin de ilustrar más fácilmente el proceso de construcción del Viaducto con los elementos prefabricados y la viga lanzadora descritos anteriormente, se presentan las siguientes ilustraciones:

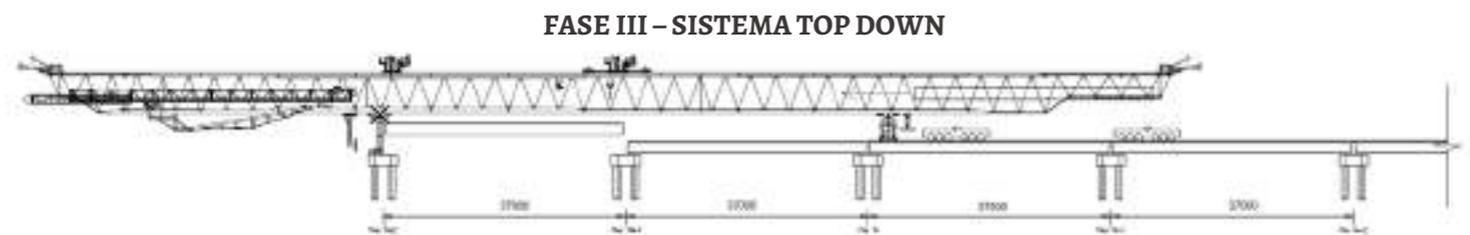


#### Fase 1:

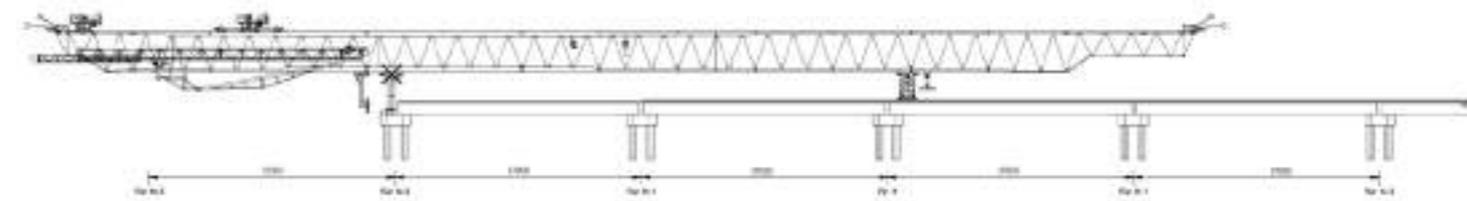
- 1.1 Viga lanzadora posicionada como se indica
- 1.2 Transportar pilotes hasta parte trasera de Viga Lanzadora
- 1.3 Mover pilote a elemento de hincado en Viga Lanzadora
- 1.4 Girar el elemento de hincado en posición vertical
- 1.5 Verificar posición transversal y longitudinal del pilote
- 1.6 Hincar el pilote
- 1.7 Repetir procedimiento para el resto de pilotes, con desplazamiento lateral de la Viga Lanzadora para evitar los pilotes ya hincados

**Fase 2:**

- 2.1 Ubicar la Viga Lanzadora en la posición mostrada
- 2.2 Transportar los segmentos de cabezal hasta la parte trasera de la Viga Lanzadora
- 2.3 Mover el segmento de cabezal hasta la posición final por medio de elementos de izaje en Viga Lanzadora
- 2.4 Repetir la secuencia para los otros dos segmentos que conforman el cabezal
- 2.5 Instalar, tensar e inyectar las barras PT transversales del cabezal
- 2.6 Vaciar el concreto que conecta el cabezal con los pilotes

**Fase 3:**

- 3.1 Colocar los apoyos en posición final (Vano Pila N+1, Pila N+2)
- 3.2 Ubicar los cilindros temporales en el cabezal (Pila N+1, Pila N+2)
- 3.3 Mover Viga Lanzadora a la posición mostrada
- 3.4 Liberar los cilindros temporales Pila N-1, Pila N-2
- 3.5 Transportar Viga prefabricada hasta parte trasera de Viga Lanzadora
- 3.6 Mover Viga prefabricada hasta posición final por medio de elementos izaje de la Viga Lanzadora
- 3.7 Instalar la Viga prefabricada sobre cilindros temporales
- 3.8 Repetir la operación para las otras Vigas del tramo, desplazando lateralmente Viga Lanzadora con otras Vigas

**FASE IV – SISTEMA TOP DOWN****Fase 4:**

- 4.1 Ajustar el nivel de las Vigas prefabricadas y bloquear los cilindros (Vano Pila N, Pila N+1)
- 4.2 Colado de Losa Superior & Diafragma (Vano Pila N, Pila N+1)
- 4.3 Inyectar los Apoyos (Vano Pila N, Pila N+1)

**4.2.3. Control de calidad****4.2.3.1. Cantidad de concreto**

Ilustración 66. Concreto usado en construcción

| Cantidad Concreto Viaducto |          |          |            |               |
|----------------------------|----------|----------|------------|---------------|
| Elemento                   | Cantidad | Long., m | a/l, m3/ml | Concreto, m3  |
| VIGAS                      | 366      | 37       | 1,06       | 14.355        |
|                            | 12       | 31       | 1,06       | 394           |
|                            | 9        | 32       | 1,06       | 305           |
| SECCIONES DE CABEZAL       | 129      | 4,5      | 13,13      | 7.619         |
| PILOTES                    | 1        | 32.842   | 0,40       | 13.044        |
| RIOSTRAS                   | 258      | 0,26     | 14,38      | 955           |
| LOSAS                      | 122      | 37       | 3,29       | 14.832        |
|                            | 4        | 32       | 3,29       | 421           |
|                            | 3        | 31       | 3,29       | 306           |
| NEW JERSEY                 | 2        | 4733     | 0,20       | 1.888         |
| <b>TOTAL</b>               |          |          |            | <b>54.118</b> |

Tabla 11. Relación de Concreto para el Gran Viaducto.

| Cantidad Concreto Retorno |          |          |            |              |
|---------------------------|----------|----------|------------|--------------|
| Elemento                  | Cantidad | Long., m | a/l, m3/ml | Concreto, m3 |
| VIGAS                     | 39       | 20       | 1,06       | 827          |
| SECCIONES DE CABEZAL      | 24       | 4,5      | 4,20       | 454          |
| PILOTES                   | 1        | 2066     | 0,40       | 821          |
| RIOSTRAS                  | 26       | 0,26     | 14,38      | 96           |
| LOSAS                     | 13       | 20       | 3,29       | 854          |
| NEW JERSEY                | 2        | 260      | 0,20       | 104          |
| <b>TOTAL</b>              |          |          |            | <b>3.155</b> |

Tabla 12. Relación de concreto Retorno La Boquilla.

| Cantidad Concreto Cielo Mar Costado Cartagena |          |          |            |              |
|---|----------|----------|------------|--------------|
| Elemento                                      | Cantidad | Long., m | a/l, m3/ml | Concreto, m3 |
| VIGAS   | 9        | 37       | 1,25       | 416          |
|   | 3        | 31       | 1,25       | 116          |
| SECCIONES DE CABEZAL                          | 4        | 4,5      | 12,75      | 230          |
| PILOTES                                       | 1        | 720      | 0,84       | 605          |
| RIOSTRAS                                      | 11       | 0,26     | 14,38      | 41           |
| LOSAS   | 3        | 37       | 3,29       | 365          |
|   | 1        | 31       | 3,29       | 102          |
| NEW JERSEY                                    | 2        | 142      | 0,20       | 57           |
| <b>TOTAL</b>                                  |          |          |            | <b>1.930</b> |

Tabla 13. Relación de concreto Cielo Mar Costado Cartagena.

| Cantidad Concreto Accesos (aproxos)     |              |
|---|--------------|
| Elemento                                | Concreto, m3 |
| ACCESO LADO BARRANQUILLA                | 465          |
| PLATAFORMA DE APOYO RETORNO LA BOQUILLA | 481          |
| <b>TOTAL</b>                            | <b>946</b>   |

Tabla 14. Relación de concreto para los accesos (aproxos).

Para un total global de **60.150 m3** de concreto para la construcción.

#### 4.2.3.2. Cantidad de acero

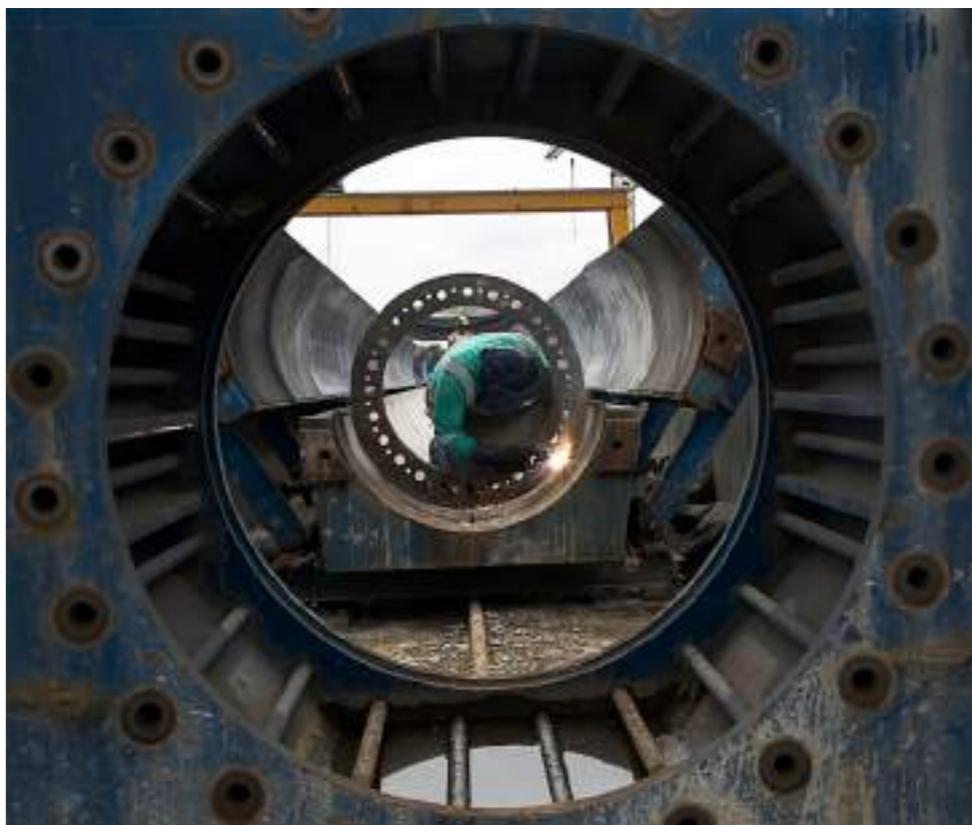


Ilustración 67. Acero utilizado para la construcción.

| CANTIDAD ACERO VIADUCTO        |                 |
|--------------------------------|-----------------|
| TIPO ACERO                     | ACERO, kg       |
| ACERO DE REFUERZO              | 5.342.23        |
| ACERO DE PRE-ESFUERZO (CABLES) | 1.069.42        |
| <b>TOTAL</b>                   | <b>6.411.65</b> |

Tabla 15. Relación de acero.

- Acero de refuerzo Grado 60  $F_y=420$  Mpa (Steckerl Aceros)
- Espiral de Acero  $FY= 420$  Mpa (Steckerl Aceros)
- Acero de Refuerzo (Cable de pretensado)  $F_u= 1860$  Mpa (Encocables y Knight)
- Barra Post-tensado  $F_u=1035$  Mpa (Tensa)

#### 4.2.3.3. Parámetros de control en campo y ensayos realizados

- **Asentamiento:** 9 +/- (200-250 mm), evaluado de acuerdo con la NTC 396. El valor era aplicable para todos los elementos prefabricados y fundidos in situ.
- **Temperatura controlada:**  $T \leq ^\circ C$ , evaluada según la NTC 3357. El valor era aplicable para todos los elementos prefabricados y fundidos in situ.
- **Contenido de aire:**  $<3\%$ , evaluado de acuerdo con la NTC 1032.
- **Ensayo de resistencia a la compresión de los especímenes cilíndricos de concreto:** Según los valores estipulados de resistencia por diseño de cada elemento, evaluada según la NTC 673.
- Pruebas PIT, PDA, Ensayos Cross Hole a pilotes y prueba de carga estática inicial. A los agregados se les practicaron ensayos de reactividad álcali-agregado por el método de barras de mortero y coeficientes de difusión ion cloruro (RCPT).
- Ensayos de granulometría agregado fino INV E-213
- Ensayo de Granulometría 3/4" INV E-123
- Ensayo de granulometría 3/8" INV E-213
- Pérdida en ensayo de solidez en sulfato de sodio y de magnesio INV E-220
- Terrones de arcilla y partículas deleznales INV E-211
- Índice de plasticidad INV E-126
- Equivalente de arena INV E-133
- Valor de azul de Metileno INV E-235
- Material que pasa el tamiz No. 200 INV E-214
- Contenido de materia orgánica INV E-212
- Desgaste en la máquina de los Ángeles INV E-218
- Índice de alargamiento y aplanamiento INV E-230



5

**OBRAS COMPLEMENTARIAS**

## 5.1. Iluminación con energía solar

Aunque todos los kilovatios generados en Colombia se negocian en la bolsa con un precio regulado por la CREG, en la ciudad de Cartagena no hay hidroeléctricas sino termoeléctrica a base de Carbón. La quema de combustibles fósiles utilizadas para la generación eléctrica libera los óxidos de azufre y nitrógeno, material particulado y dióxido de carbono; motivo por el cual se tomó la determinación de analizar otras posibilidades llegando así a la selección de la alternativa de paneles solares.



**365 Noches/Año de Iluminación**



Ilustración 68. Panel solar tipo

El Viaducto utilizó para la iluminación un sistema inteligente de energía a través de luminarias solares que utilizan Baterías inteligentes, Panel Fotovoltaico, lámparas Led de larga vida útil y Postes en políester reforzado de fibra de vidrio el cual se explica a continuación.

### 5.1.1. Panel Solar Monocristalino (Libre De Mantenimiento Por 10 Años)



Ilustración 69. Panel solar monocristalino

- Los paneles solares Monocristalinos tienen una eficiencia energética entre 15% – 20%. En cambio, los paneles policristalinos tienen eficiencias entre 13%- 16 %. Adicionalmente, la vida útil de un panel monocristalino es mayor que la de un policristalino, por esta razón los paneles monocristalinos tienen garantía de fábrica de 10 años hasta 25 años.
- El panel cuenta con una capa de acristalamiento protectora en la parte superior, que evita que polvo o agua afecten el funcionamiento del panel solar. El sistema no permite la adherencia de partículas en su superficie y con el viento o la lluvia estas partículas caen, por lo cual también protege al sistema contra ambientes marinos de alta salinidad.
- El sistema reduce considerablemente la huella de carbono y la carga eléctrica de la ciudad de Cartagena debido a que con los paneles solares se produce la energía para alimentar las luminarias.

### 5.1.2. Luminaria Led 40-60w - eficacia de 160 lm/w, ip68

- La luminaria es la más eficaz del mercado optimizando al máximo energía suministrada por la batería y cumpliendo fácilmente con niveles de iluminación requeridos en vías importantes.
- El Chip y el sistema de disipación que lo respalda están especialmente diseñados para refrigerar el LED de tal forma que la vida útil es de 80 mil horas con un encendido diario.
- La luminaria tiene aberturas laterales para que circule el aire y mejore la disipación de calor. Los módulos LED y los conectores son IP65 y se pueden sumergir bajo el agua. La hermeticidad y la protección contra partículas de polvo y agua garantizan la vida útil de 80,000 horas y en condiciones normales de operación no requieren mantenimiento durante 10 años.
- Las luminarias LED son más eficientes, más duraderas, de reencendido instantáneo, con regulación del flujo, no parpadean además de tener un mejor rendimiento cromático y no contener mercurio.

### 5.1.3. Batería inteligente solar

- La batería posee un sistema de control de Energía Inteligente que permite controlar la carga de energía y la programación interna para adaptarse a cualquier condición solar a nivel mundial.
- La batería está hecha con una aleación de Nickel Hidruro Metálico creada específicamente para iluminación vial solar. Su ánodo es de oxihidróxido de níquel (NiOOH), su cátodo está compuesto de una aleación que normalmente es de Lantano y elementos raros de la tabla periódica y el electrolito empleado es de Hidróxido de Potasio.
- La batería dura mínimo 10 años y puede resistir temperaturas extremas (-40°C a 70 °C), gracias a un sistema único y patentado de refrigeración. Las características químicas de la aleación de Nickel Hidruro Metálico permiten la carga y descarga segura de la batería sin pérdidas durante 10 años.
- La batería está equipada con control inteligente de regulación de temperatura que asegura el nunca sobrecalentarse. Además, las celdas de la batería están totalmente protegidas de pérdida de potencia, asegurando la vida útil de nuestras unidades como las mejores del mercado.

- La batería de Níquel Hidruro Metálico presenta buen funcionamiento en un rango amplio de temperaturas y tiene mayores ciclos de vida útil. Es más amigable con el medio ambiente.

|                             | Plomo-Ácido | Ni-MH   | Li-Ion  | LifePO4 |
|-----------------------------|-------------|---------|---------|---------|
| Densidad de Energía (Wh/kg) | 20-40       | 45-80   | 100-150 | 60-110  |
| Números de ciclos           | 300-500     | 4000    | 1500    | 4000    |
| Temperatura de Carga (°C)   | 0/+25       | -40/+70 | 0/+45   | 0/+45   |

Ilustración 70. Comportamiento del Níquel

### 5.1.4. Postes en Poliéster reforzado de fibra de vidrio (PRFV)

- Los postes en PRFV son 7 veces más livianos que los postes en concreto y 1.5 veces más livianos que los postes metálicos. Su bajo peso facilita la instalación y el transporte y reduce los riesgos de accidentalidad.
- Tienen alta resistencia a la intemperie, a los rayos UV y a la corrosión. Estas características le proporcionan una larga duración y hacen que estos postes sean libres de mantenimiento incluso en ambientes afectados por la salinidad.
- Otras Propiedades:
  - o Bajo nivel de higroscopia (no absorbe humedad).
  - o Alta resistencia mecánica.
  - o Dieléctrico.
  - o Resistente al fuego.
  - o Transparente a señales de radio frecuencia.
  - o No permite la propagación de campos electromagnéticos.
  - o Materiales amigables con el medio ambiente.

## 5.2. Carpeta asfáltica con caucho reciclado

Los tramos de Viaducto cercanos a los dormideros de aves identificados serán pavimentados con Asfalto Modificado con Grano de Caucho Reciclado (GCR) para mejorar la capa de rodadura y así evitar incidencias por ruido, obteniendo además los siguientes beneficios:

- Menor reflexión de fisuras.
- Disminuye la susceptibilidad térmica.
- Aumenta la cohesión interna.
- Mejora la flexibilidad y elasticidad.
- Mejora el comportamiento a la fatiga.
- Aumenta la adhesividad árido-ligante.
- Mayor durabilidad y menor mantenimiento.
- Amigable con medio ambiente por disposición final de llantas en desuso.
- Reducción de espesores de capa.



Ilustración 71. Asfalto con Grano de Caucho Reciclado

El asfalto modificado con grano de caucho reciclado es un ligante hidrocarbonado resultante de la interacción fisicoquímica de un cemento asfáltico especial con el Grano de Caucho Reciclado (GCR) proveniente de llantas en desuso, en cantidades del 15% al 20%, para tener una gran flexibilidad en un rango amplio de temperaturas, alta resistencia a la deformación plástica, menor envejecimiento y una baja susceptibilidad térmica.



Ilustración 72. Asfalto con GCR



6

**FINANCIACIÓN Y PRESUPUESTO**

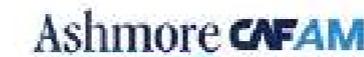
Los retos en el proyecto han sido técnicos, ambientales, sociales y también financieros, es así como es la primera vez que se logró la credibilidad y la confianza del mercado de capital internacional en un proyecto de infraestructura de vías en Colombia para que invierta recursos en una Emisión de Bonos en la Bolsa de Nueva York.

La estructuración financiera liderada por Goldman Sachs y Structure ideó diferentes esquemas de mitigación de riesgos inherentes al desarrollo de este tipo de proyectos para que la estructura obtuviese una calificación de BBB- Internacional AA+ Local por parte de una Agencia Calificadora como Fitch Ratings y se recibiera una demanda del mercado por 1,5 veces el monto de la emisión, y así el proyecto contó con la disponibilidad de los recursos requeridos para su ejecución en tiempo record.

Además de la colocación en el mercado internacional, el proyecto también fue estudiado y evaluado por los más exigentes integrantes del sector financiero colombiano, Banco de Bogotá, Banco de Occidente, Bancolombia y el Fondo CAF – Ashmore, quienes también dieron su voto de credibilidad y confianza participando en la financiación mediante un crédito de largo plazo nunca antes obtenidos por proyectos de infraestructura vial en Colombia.

Para la realización del proyecto se contó con un presupuesto total de 432.142'398.313 COP (al año 2015), los cuales representan 80'026.370,06 pesos por metro lineal y 6'839.860,69 pesos/m2 teniendo en cuenta una longitud total de 5.400 metros y un ancho de 11.7 metros.

Lo anteriormente descrito, explica por qué el Viaducto del Gran Manglar sobre La Ciénaga de La Virgen es un hito en la historia de la Ingeniería Colombiana. No únicamente por su innovación en el sistema constructivo, sino porque se logró el engranaje de todas las disciplinas de tal forma que los ambientales respetaran al máximo el entorno ambiental, los sociales generaran beneficios a la población en el sector de influencia y los financieros hicieran posible tener la disponibilidad de los recursos para cumplir con los requerimientos de las partes interesadas.





7

## **GESTIÓN AMBIENTAL DEL PROYECTO**

**B**uscando un Viaducto ambientalmente sostenible se hizo uso del sistema innovador “Top Down” en adición a cuatro estrategias principales las cuales son: Un sistema de drenaje que retiene los sedimentos y grasas de los sumideros, el uso de energía solar para la iluminación, la instalación de geobloque con material reciclado para la conformación de los terraplenes y el uso de asfalto con caucho reciclado. Todas ellas, fueron ya expuestas en el presente libro razón por la cual se pretende ilustrar en la siguiente sección las actividades propias de la gestión ambiental realizada para la ejecución del proyecto, la cual estuvo bajo los lineamientos del Estudio de Impacto Ambiental desarrollado por la empresa AMBIOTECH.

### 7.1. Plan de Compensación por Pérdida de Biodiversidad

De acuerdo a lo expuesto anteriormente en este mismo trabajo, al enfrentar el reto de construir una mega estructura de tal magnitud por medio del sistema Top Down, se disminuyó la intervención sobre el área de manglar en un 94,54% respecto al método convencional e inicialmente propuesto.

En relación a esto, la Concesión Costera presentó a la ANLA un Plan de Compensación por Pérdida de Biodiversidad el cual constaba de una plantación de 34,4 Ha de manglar sobre la ciénaga La Virgen; valor que fue obtenido al considerar no únicamente las 0,28 Ha intervenidas, sino también por el manglar ubicado bajo la estructura por la sombra que esta genera sobre la ciénaga. Sin embargo cabe aclarar que el único impacto se generó en los puntos exactos sobre los que se ubicaron las bases o pilotes del Viaducto.

Para la implementación de este plan, se decidió involucrar a las cuatro (4) comunidades del área de influencia (Tierra Baja, Puerto Rey, Villa Gloria y La Boquilla) por medio de la capacitación de sus habitantes para la instalación de viveros comunitarios. El cuidado de estos individuos de manglar se realiza en dichos puntos y su plantación será supervisada por CARDIQUE por una totalidad de tres (3) años.



Ilustración 73. Viveros comunitarios

### 7.2. Plan de manejo ambiental durante la ejecución de las obras

Durante la construcción se implementaron las siguientes medidas con el fin de mitigar el impacto causado por las obras en el entorno:

#### 7.2.1. Programa para el manejo de fauna: Ahuyentamiento y salvamento de fauna terrestre



Ilustración 74. Iguana - Fauna ahuyentada

Los objetivos principales de este programa fueron:

- Ahuyentar las especies de fauna terrestre que habitan en el área de influencia del proyecto en situaciones de remoción de cobertura vegetal y descapote.
- Rescatar y trasladar las especies de fauna silvestre heridas o incapacitadas a sitios de recepción de fauna concertados y estipulados con la corporación CARDIQUE.



*Ilustración 75. Mapache - Fauna ahuyentada*

Durante la ejecución del proyecto el concesionario para llegar al logro de los objetivos implementó la restricción de paso, el ahuyentamiento de fauna silvestre, y la reubicación de individuos que se resistieran a salir del sector. Como casos referentes se atendieron: mapaches, boas, aves anidando, iguanas, que fueron ahuyentadas o trasladadas hacia lugares más seguros.



*Ilustración 76. Ahuyentamiento y salvamento de fauna terrestre*

Adicionalmente, se controló la colonización de abejas en la estructura metálica, aplicando un repelente o trasladando el panal completo a un lugar alejado usando un traje apícola como protección.

### **7.2.2. Programa para el manejo, ahuyentamiento y protección de fauna acuática**

El objetivo principal de este programa consistió en alejar, rescatar y proteger la fauna acuática presente en el área de manglar intervenido o en sitios aledaños donde se realizó el hincado de los pilotes del Viaducto.

El concesionario dentro de sus actividades para la protección de fauna acuática, realizó la revisión de raíces de mangle y rescate de fauna acuática asociada a estas, en las áreas de tala para hincado de pilotes que coincidieran con la vegetación de manglar.



*Ilustración 77. Rescate de fauna acuática*

Adicionalmente se realizó ahuyentamiento de peces en los puntos de muestreo de suelo donde, se instaló un cerramiento con malla, efectuando arrastres con una malla polisombra tantas veces como fue necesario hasta que la cantidad de peces fuera nula o mínima.



*Ilustración 78. Ahuyentamiento de peces*

### 7.2.3. Implementación de paso de fauna y señalización

El objetivo de este programa fue mitigar el impacto sobre la fauna terrestre para lo cual el concesionario realizó la construcción bajo el puente de Caño Mesa un paso deprimido para semovientes que a su vez sirve como paso para la fauna silvestre sin riesgo de atropellamiento.



*Ilustración 79. Paso de semovientes*

Con el fin de brindar recursos a la fauna nativa e incentivar el uso del paso para lograr la identificación y localización del acceso a la forma segura de cruzar la vía evitando posibles atropellamientos, se construyó un vallado de un metro de altura acompañado de plantaciones que formaron franjas de árboles y arbustos con especies propias de la zona generando además una fuente alimenticia, de refugio y protección para animales.



Ilustración 80. Paso de fauna

#### 7.2.4. Programa para el manejo de avifauna

El objetivo de este programa fue determinar los cambios en la composición y comportamiento de la comunidad de aves en la Ciénaga de La Virgen durante la construcción del proyecto.

El concesionario junto con representantes de las comunidades realizó labores de monitoreo de la población de las aves de la Ciénaga de La Virgen mediante monitoreos semanales de avifauna el cual permitió realizar un seguimiento al comportamiento de las aves, evidenciando que a medida que avanzó la instalación de los apoyos del Viaducto y la rehabilitación de los puentes, la fauna era ahuyentada del lugar a causa del ruido, pero luego de que esta alteración puntual cesaba, la fauna retornó a sus lugares habituales, usando nuevamente el manglar próximo a la obra como dormitorio y los playones inundables como sitios de alimentación.

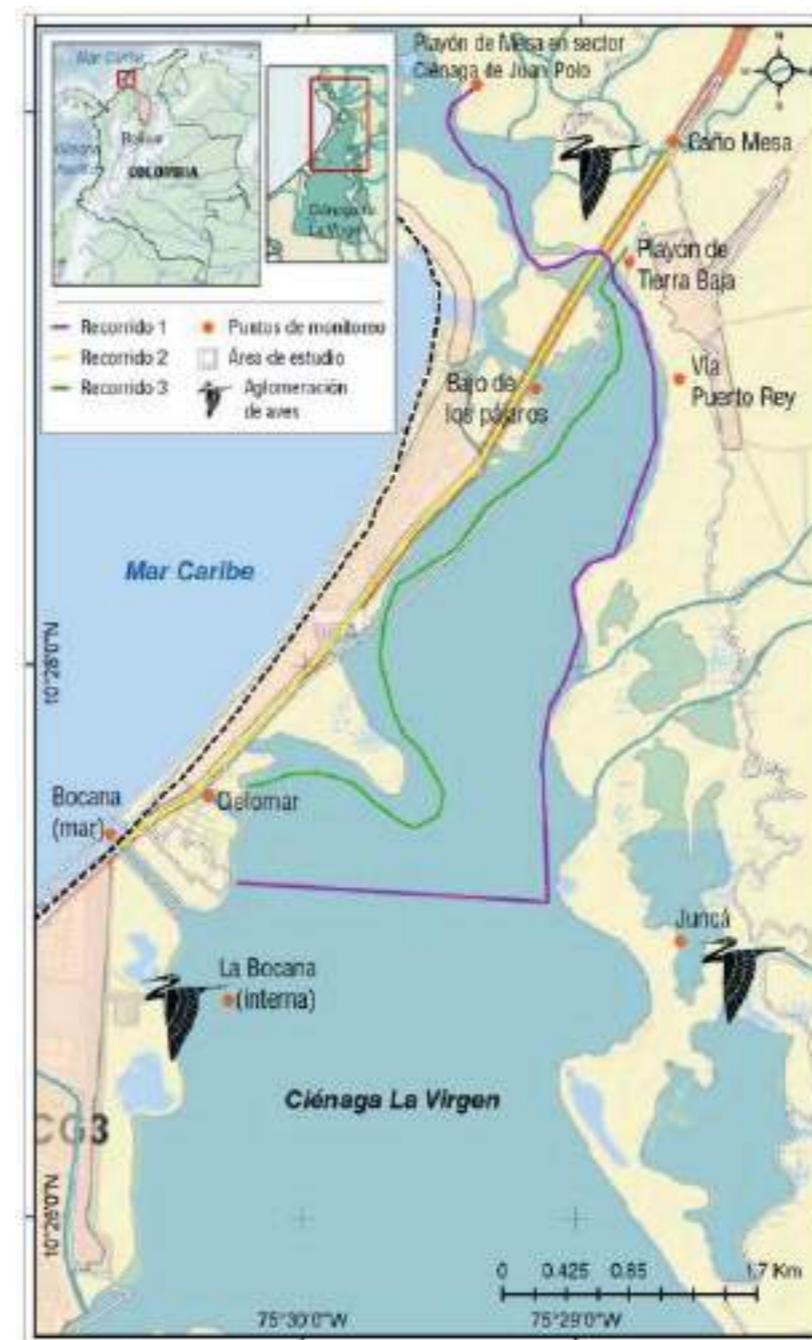


Ilustración 81. Ubicación de los recorridos y puntos de monitoreo

Luego de dos años de monitoreo de avifauna, desde enero de 2016 hasta septiembre de 2018 se registraron 152 especies de aves, 57 de ellas migratorias. Estas aves se agrupan taxonómicamente en 21 órdenes y 41 familias. Con estos registros se confirmó que la Ciénaga de La Virgen hace parte de las rutas migratorias que inician en Norteamérica y pasan por el centro del Caribe colombiano.



Ilustración 82. Aves observadas en la ciénaga

A lo largo del monitoreo de avifauna se observó que anualmente las cantidades de especies de aves cambiaron mes a mes, pero se mantuvo la misma tendencia: más especies entre septiembre y abril, menos especies entre mayo y agosto, lo cual evidencia que el ciclo natural de la migración de aves continuo de forma normal, independientemente de la influencia causada por el avance de la obra de construcción, como se aprecia en la siguiente figura.

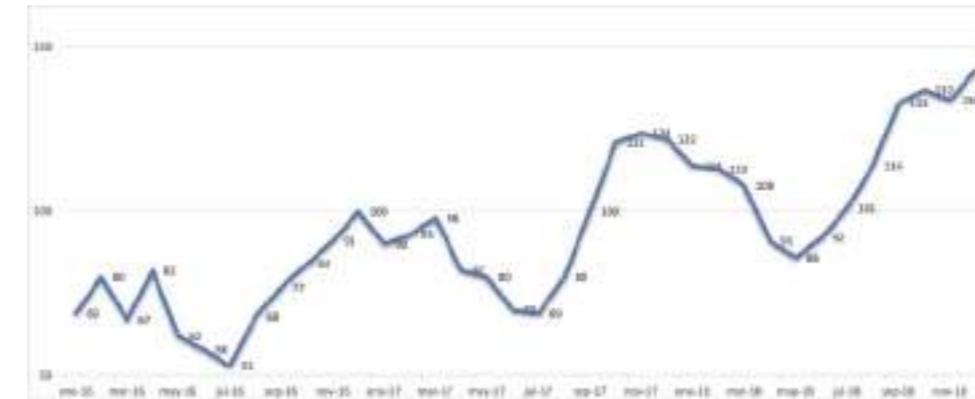


Tabla 16. Fluctuación de la cantidad de especies en la Ciénaga de La Virgen 2016 a 2018

Con la información obtenida el concesionario realizó la producción de un folleto de avifauna editado con el fin de divulgar hacia la comunidad el registro de aves durante el año y con ello fomentar el turismo de naturaleza, específicamente el avistamiento de aves, como una alternativa productiva.



Ilustración 83. Folleto de avifauna

Posteriormente se elaboró y editó el libro “Aves de la Ciénaga de La Virgen: Riqueza natural de Cartagena”, el cual recopila información de dos años de monitoreos de avifauna realizados durante la construcción del Viaducto sobre la Ciénaga, presentando la descripción detallada de 124 especies de aves, invitando a todos los lectores a conocer y disfrutar con la agradable sorpresa que brinda la riqueza de avifauna de la Ciénaga de La Virgen: ¡un lugar donde empezar a disfrutar del país con mayor diversidad de aves del mundo.



Ilustración 84. Libro de avifauna

### 7.2.5. Programa para la conservación de especies faunísticas bajo algún grado de amenaza

La finalidad de este programa es el de generar la suficiente información para establecer Planes de Manejo de especies faunísticas identificadas dentro del área de influencia, bajo algún grado de amenaza. Dichos documentos son entregados a las entidades interesadas como lo son CARDIQUE, la EPA, Alcaldías, entre otras autoridades con el fin de realizar su implementación.

De este modo, el concesionario ha desarrollado este programa encaminado al planteamiento de estrategias para mitigar el desplazamiento de la fauna presente en el área del proyecto, a través de la realización de un estudio ecológico de las especies que se encuentren en algún grado de amenaza según la UICN y la Resolución 0192 de 2014 dentro del área de desarrollo y ejecución del proyecto de construcción vial a través de la fundación OMACHA estudiando especies como:

- Robalo
- Tortugas
- Murciélago carilargo

Los resultados preliminares del estudio sobre peces, Róbalo (*Centropomus undecimalis*) atienden a una sobre pesca de tallas menores en comparación con la talla media de madurez sexual (TMM), lo que conlleva



Ilustración 85. Estudio sobre peces

a una sobre explotación de esta especie por el hecho de ser capturados en más del 80% antes de reproducirse por primera vez.

Las poblaciones de robalo en la ciénaga La Virgen, hasta la fecha no cuentan con un seguimiento a nivel estatal o regional por parte de los entes encargados que regule la forma de extracción, comercialización y aprovechamiento de tallas de captura por parte de los pescadores artesanales. Por lo tanto, se realizaron capacitaciones a la población pescadora de la zona con el fin de que sean ellos quienes inicialmente se encuentren en la capacidad de identificar los individuos que pueden ser pescados sin afectaciones futuras al ecosistema y a la disponibilidad de estos recursos.

Respecto al estudio sobre tortugas continentales. Se han reportado para la zona las especies morrocoy (*Chelonoidis carbonarius*), hicoitea (*Trachemys callirostris*) y tapaculo (*Kinosternon scorpioides*), esta última en menor medida, de acuerdo con la información proporcionada por las comunidades.



Ilustración 86. Tortugas dulceacuícolas y terrestres

Dentro de la Ciénaga de La Virgen y Juan Polo no se encontraron las tortugas dulceacuícolas y terrestres reportadas como especies objeto de conservación en el EIA, puesto que las condiciones de salinidad no son aptas para la presencia de estas especies.

No obstante, las tortugas son cazadas sistemáticamente en los caños que drenan a la ciénaga en épocas de aguas bajas, para cubrir una amplia demanda de esta carne, sobretodo asociada con las vigilias y tradiciones religiosas, que coinciden con la temporada de presencia de las tortugas.

La especie de murciélago objeto del estudio es el Murciélago Carilargo (*Glossophaga longirostris*) este murciélago de la familia Phyllostomidae, es nectarívoro y contribuye a la reproducción de los bosques, se propuso como objeto de conservación por estar catalogada como Datos Deficientes según la UICN.



Ilustración 87. Clasificación especie de murciélagos

El murciélago cumple un papel clave en la reproducción y regeneración de los bosques, y en especial, del bosque seco. El estudio de estas poblaciones permite el desarrollo de herramientas de conservación de uno de los ecosistemas más amenazados de Colombia. El Bosque seco.

Todos los murciélagos capturados fueron determinados, medidos y pesados, y posteriormente liberados.

Como información preliminar en los diferentes sitios de muestreo ubicados en el área de influencia se tiene un total de 29 especie identificadas y detallados en la siguiente tabla:

| Especie                         | Abundancia |
|---------------------------------|------------|
| <i>Artibeus jamaicensis</i>     | 12         |
| <i>Carollia perspicillata</i>   | 6          |
| <i>Glossophaga longirostris</i> | 9          |
| <i>Glossophaga soricina</i>     | 1          |
| <i>Micronycteris sp.</i>        | 1          |
| <b>Total</b>                    | <b>29</b>  |

Tabla 17. Clasificación especie de murciélagos

Por medio de diversas reuniones y talleres con las comunidades cercanas, se logró identificar cuál era su conocimiento acerca de la importancia de estas especies de robalo, tortugas y murciélagos para el correcto funcionamiento del ecosistema que los rodea. A partir de esto se logró que el grupo de pescadores del área se capacitara en pesca sostenible, regresando al agua aquellos individuos que no habían cumplido aún con su primer ciclo de reproducción. Adicionalmente se realizaron actividades de concientización para evitar la caza indiscriminada de tortugas para consumo de su carne y de murciélagos por miedo y desconocimiento de su importancia como polinizador.

### 7.2.6. Monitoreo de la actividad pesquera

Como estudio adicional trimestralmente se realizaron monitoreos de la actividad pesquera en la Ciénaga de La Virgen, incluso después de haber concluido la obra, para lo cual se utilizó la metodología del Servicio Estadístico Pesquero Colombiano (SEPEC) con el objetivo de:

- Realizar la caracterización de la pesca artesanal para determinar la tecnología de pesca (duración de las faenas, especies capturadas, características de los artes de pesca y de las embarcaciones) y aspectos socioeconómicos (aspectos demográficos, ingresos y costos derivados de la pesca).
- Estimar durante ciclos trimestrales las variables de desempeño pesquero en el área de estudio para captura, esfuerzo de pesca, abundancia relativa, composición de la captura por especie, composición de la captura por tallas y renta económica.



Ilustración 88. Monitoreo de la actividad pesquera



- Identificar la procedencia de los volúmenes de captura desembarcados en el área de estudio por tipo de arte, a fin de determinar un efecto diferencial entre artes y sitios de desembarco pesquero a lo largo del período de estudio.
- Evaluar los potenciales cambios en la actividad pesquera de la Ciénaga de La Virgen a través del tiempo, entre las fases durante y después del proyecto, y considerando los registros históricos de ser posible (fase antes).
- Realizar talleres a las comunidades de pescadores del área de estudio, para fomentar la pesca sostenible teniendo en cuenta las buenas prácticas ambientales para la conservación de la fauna en la Ciénaga de La Virgen y sensibilizar sobre el uso de los recursos naturales.

#### 7.2.7. Estudio sedimentológico y granulométrico en la bocana y ciénaga de La Virgen

Hasta mediados de 2019 el concesionario realiza de forma semestral un análisis sedimentológico y granulométrico en la Ciénaga de La Virgen y en el sector de la Bocana con el fin de analizar y proporcionar un conocimiento detallado de los procesos que participan en el movimiento del cuerpo de agua y este a su vez permite analizar las condiciones de transporte, velocidad y tasas de sedimentación en la ciénaga. Para ello, fue indispensable primero conocer la geomorfología del área de estudio, es decir cuál es la forma que tiene definida el borde costero y su lecho. De igual forma, se realizó el análisis del clima marítimo en puntos específicos, los cuales fueron definidos como los límites del dominio externo del área de estudio y la batimétrica en la ciénaga de La Virgen como límite del dominio externo para la identificación de las condiciones de contorno del sistema.



Ilustración 89. Análisis sedimentológico y granulométrico



Ilustración 89. Análisis sedimentológico y granulométrico



Con base en los datos tomados se pueden ilustrar las siguientes imágenes:

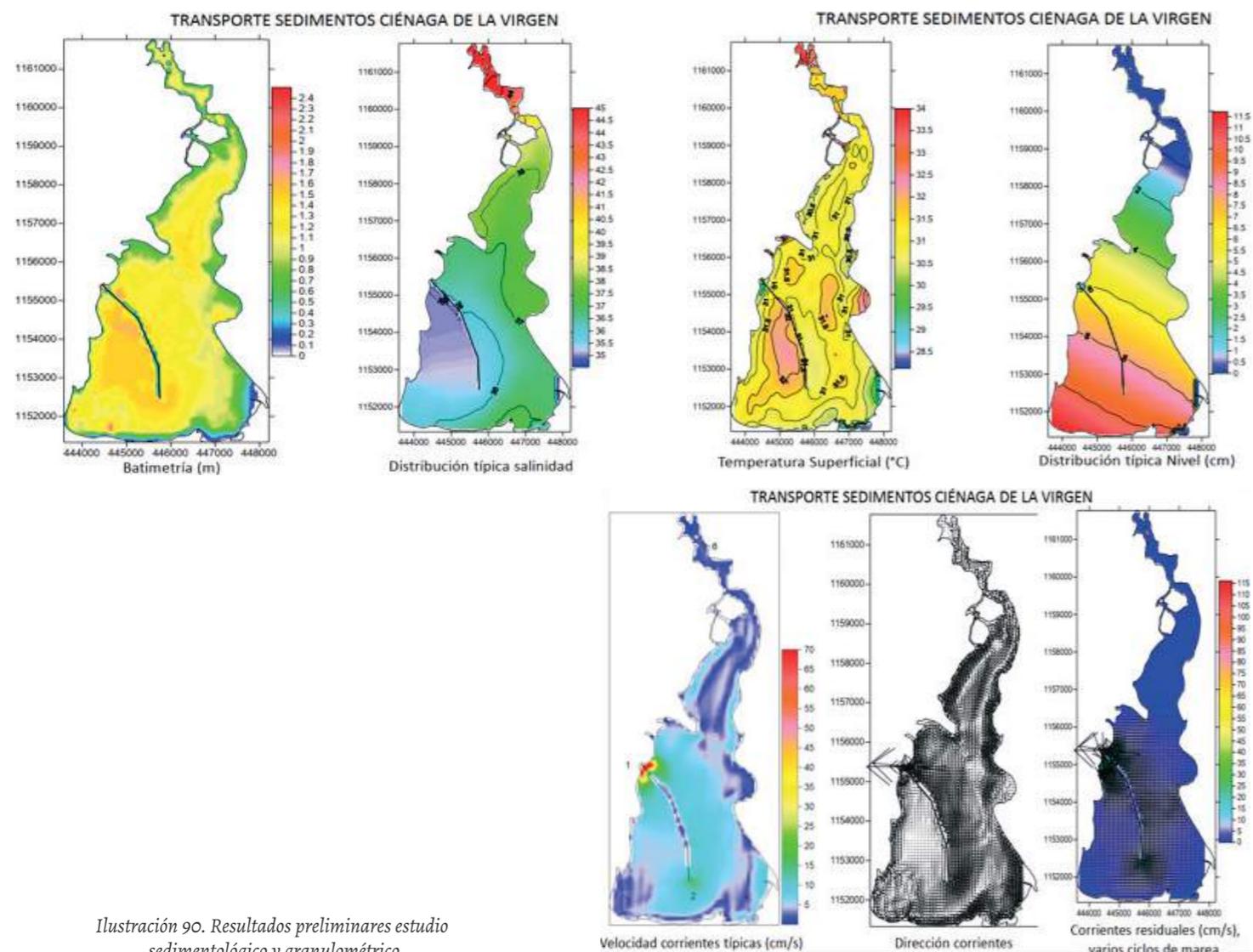


Ilustración 90. Resultados preliminares estudio sedimentológico y granulométrico

De este estudio se pudo obtener que la dispersión y sedimentación de los sólidos finos es mayor para un menor tamaño de grano. Asimismo se identificó que en la boca de La Boquilla hay una alta sedimentación.

Por otro lado, con el fin de tener alertas tempranas el concesionario realizo de forma semanal monitoreos de agua a la ciénaga de La Virgen con un equipo propio calibrado no certificado evaluando parámetros como PH, Oxígeno disuelto, Conductividad eléctrica, Solidos disueltos totales, salinidad, turbidez, temperatura y profundidad en los mismos puntos monitoreados a lo largo del proyecto por laboratorios certificados en cumplimiento a la licencia ambiental.



Ilustración 91. Puntos de monitoreo de agua

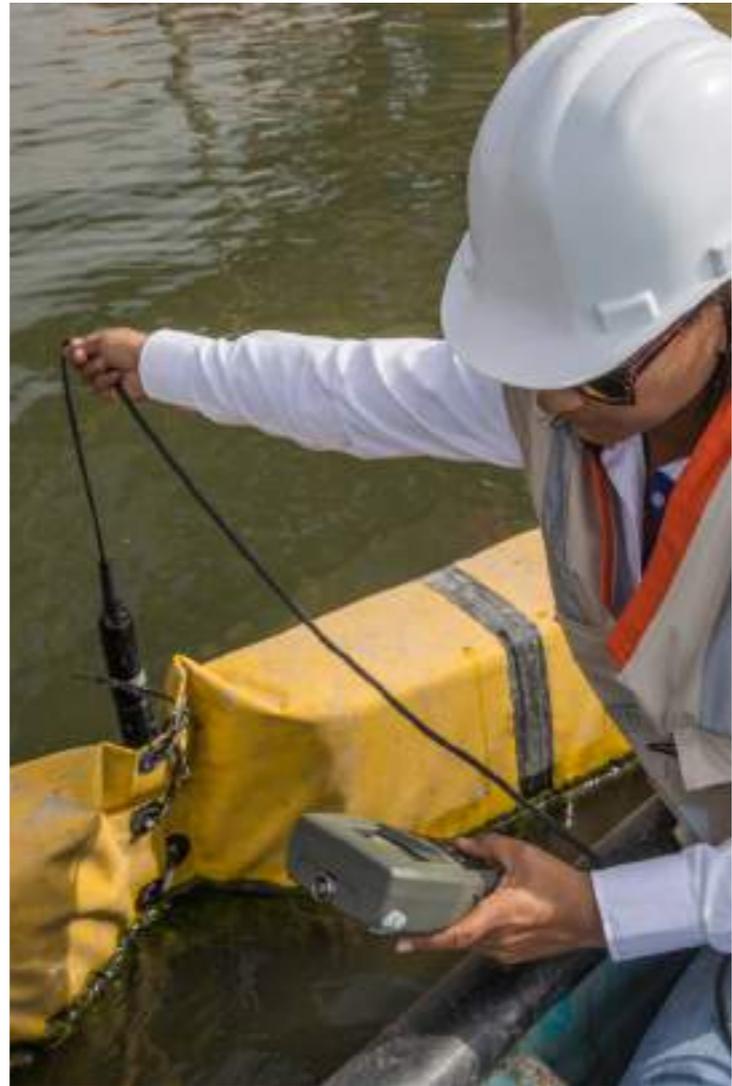
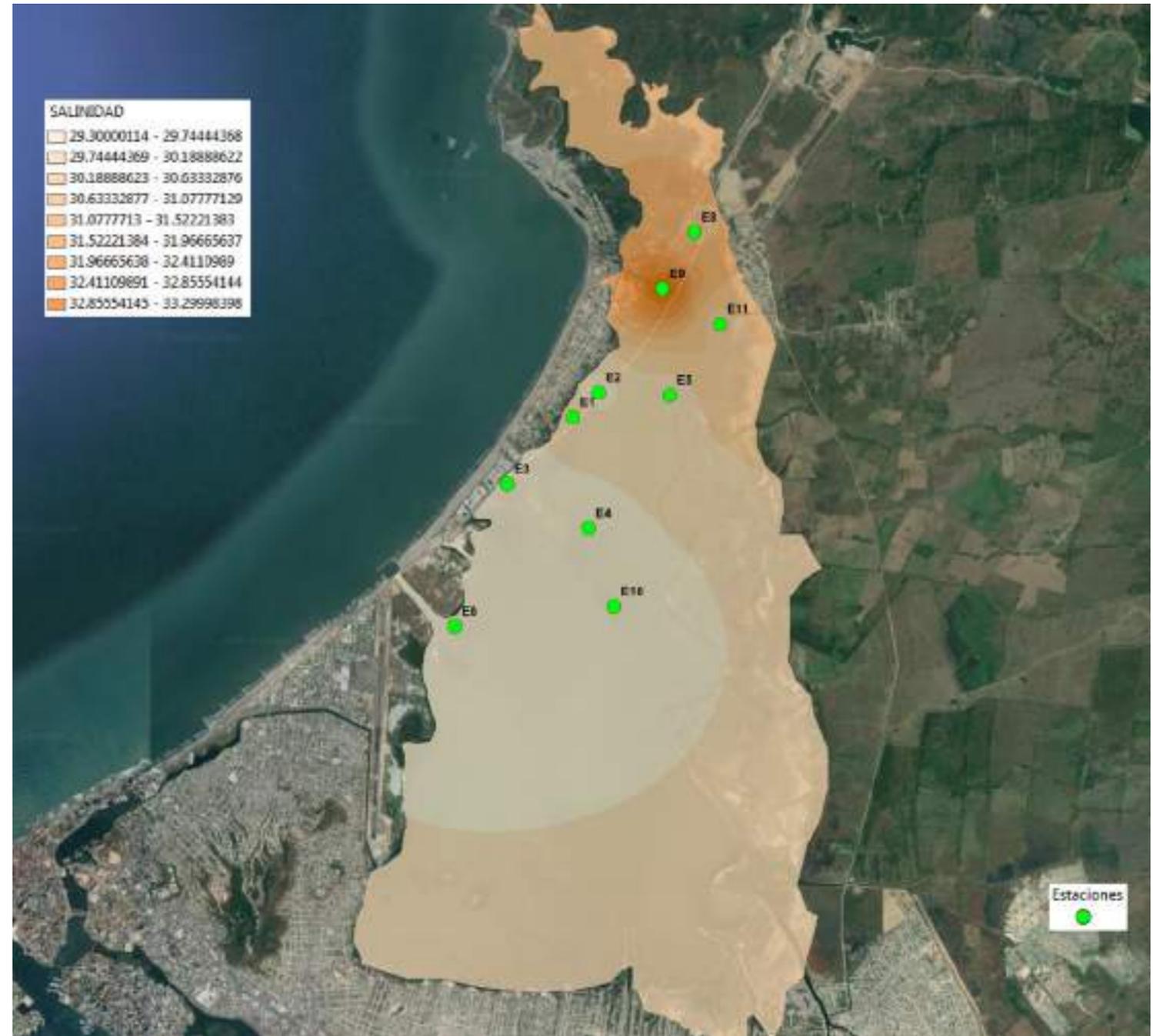


Ilustración 92. Monitoreo de agua con equipo calibrado no certificado

A lo largo de dos años de monitoreos ambientales (bióticos y abióticos) se documentó que en la Ciénaga de La Virgen suceden fluctuaciones debidas a la dinámica natural de la misma, a su diferencia de profundidades, temperatura, salinidad y vientos.





# 8

## **COMPONENTE SOCIAL EN LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO**

La gestión social fue un componente de alta importancia para el éxito de este proyecto dado que conllevaba la aceptación del mismo por parte de la población aledaña en la cual se identificaron 4 comunidades étnicas reconocidas por el Ministerio de Interior. Como parte de esta gestión se incluyen actividades de consulta previa, espacios de formación y capacitación en labores productivas y ambientalmente sostenibles, y por último se integraron más de 150 personas de la zona, al proyecto.

### 8.1. Consulta previa

En el Área de Influencia del proyecto se identificaron cuatro (4) comunidades étnicas afrodescendientes, amparadas por la Ley 70 de 1993, Las cuales realizaron el proceso de Consulta Previa. De ello se tuvo como resultado la protocolización de los acuerdos con el Consorcio Vía al Mar y las comunidades de Villa Gloria, Tierra Baja, Puerto Rey y La Boquilla. A continuación se muestra una tabla de resumen del cumplimiento de los acuerdos establecidos en los procesos de consulta previa para cada una de las comunidades.

| COMUNIDAD    | ACUERDOS PROTOCOLIZADOS | ACUERDOS CUMPLIDOS |
|--------------|-------------------------|--------------------|
| VILLA GLORIA | 53                      | 53                 |
| TIERRA BAJA  | 51                      | 51                 |
| PUERTO REY   | 51                      | 51                 |
| LA BOQUILLA  | 51                      | 51                 |

Tabla 18. Acuerdos de consulta previa

La Concesión Costera Cartagena Barraquilla S.A.S, culminó el proceso de consulta previa con el cumplimiento de cada uno de los acuerdos, el logro alcanzado fue gracias al compromiso, la concertación y adecuada comunicación con los miembros de la junta directiva, además de la participación activa de los Representantes legales de cada consejo y a su vez avaladas en la asamblea de la comunidad.

Teniendo en cuenta lo antes expuesto se presentan los acuerdos de mayor impacto positivo para el desarrollo comunitario de los consejos comunitarios del Área de Influencia Directa.

#### 8.1.1. Comunidad Villa Gloria

El Concesionario desde su alcance social realizó capacitaciones con el apoyo del SENA por medio de talleres de Plan de Negocios y Emprendimiento e Innovación, con la finalidad de fortalecer a las mujeres artesanas de la comunidad. Para ello, como capital semilla se hizo la entrega de dotación en materiales de bisutería, 5 motor tool's a la asociación de artesanas de la comunidad de Villa Gloria con el fin de fortalecer a este grupo importante en la comunidad.



Ilustración 93. Mujeres artesanas – Villa Gloria

Por otro lado, Se identificó como otro grupo focal la asociación de pescadores quienes recibieron orientaciones y charlas ambientales para la conservación de fauna asociada a su entorno, además de recibir una dotación base de lanchas y elementos de pesca.



Ilustración 94. Entrega de Dotación a la Asociación de Pescadores

Como actividades adicionales se realizaron campañas de salud integral, jornada de vacunación canina y felina, construcción y capacitación para el cultivo en viveros de mangle, dotación del comedor comunitario y Centro de Desarrollo Infantil de Villa Gloria.

### 8.1.2. Comunidad Tierra Baja

En la comunidad de Tierra Baja se dio cumplimiento y cierre a 51 acuerdos de consulta previa, resaltando los logros para el fortalecimiento ambiental, social y cultural. En la visita de seguimiento por parte de La Dirección de Consulta Previa del Ministerio del interior el día 10 de diciembre de 2018, se avala el cumplimiento de los acuerdos.

En esta comunidad, el Concesionario realizó con el apoyo del Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA cursos en diferentes ámbitos entre los cuales se encontraban los enfoques de Manejo Adecuado de Residuos Sólidos, Educación Ambiental, Cultivos Acuícolas y Piscicultura.



Ilustración 95. Jornada ambiental y ecológica.

Asimismo se realizaron procesos de formación certificados por el SENA en interpretación de plano en construcción, certificación por competencia en construcción de obras civiles, básico en construcción en estructura de concreto, yeso y estuco, entre otros; con el fin de dejar un valor agregado en los habitantes y mejorar su calidad de vida.



Ilustración 96. Graduación de comunidad con apoyo del SENA

### 8.1.3. Comunidad Puerto Rey

Para la comunidad de Puerto Rey se cumplen y cierran los 51 acuerdos de consulta previa y reunión de seguimiento dirigida por la Dirección de Consulta Previa del Ministerio del Interior, realizada el 22 de agosto de 2018, se da por finalizado el proceso de consulta.



Ilustración 97. Curso maquinaria pesada y educación ambiental

Se capacitó a los habitantes de la comunidad en certificación por competencia en construcción de obras civiles y mantenimiento y operación en maquinaria pesada, seguridad vial y educación ambiental. Asimismo se buscó el fortalecimiento de pescadores para ello se entregaron ocho lanchas y dos motores para el desarrollo de su actividad pesquera y por último, se construyó un cerramiento a la cancha de softbol de la comunidad.



Ilustración 98. Entregas realizadas a la comunidad

#### 8.1.4. Comunidad La Boquilla

Para la comunidad de La Boquilla se cumplió con las medidas impuesta por la autoridad de licencias ambientales –ANLA en la licencia ambiental 1290 de 2015 de la siguiente manera.

| ITEM | COMUNIDAD   | IMPACTOS SOCIOECONOMICOS   | PROYECTOS PRODUCTIVOS  |
|------|-------------|--|--|
| 1    | La Boquilla | Cambio en las condiciones de arraigo con el territorio y en las dinámicas culturales de la comunidad.                      | FORTALECIMIENTO DE HABILIDADES SOCIALES Y FORMACION SOBRE AUTORECONOCIMIENTO, PRÁCTICAS ÉTNICAS Y EMPODERAMIENTO DE SU TERRITORIO DE LAS COMUNIDADES NEGRAS. |
| 2    | La Boquilla | Proyectos ecoturísticos sobre avistamiento de aves dentro de la Ciénaga de La Virgen.                                      | AVISTAMIENTO DE AVES   |
| 3    | La Boquilla | Generación de Conflictos con la comunidad y generación de falsas expectativa.  | ACOMPañAMIENTO PSICOSOCIAL   |
| 4    | La Boquilla | Proyectos productivos relacionados con la tecnificación de las actividades que desarrolla la comunidad en torno al turismo | PROYECTO DE FORTALECIMIENTO A LAS ACTIVIDADES DE ECOTURISMO DENTRO DE LA CIÉNAGA DE LA VIRGEN  |

Tabla 19. Consulta previa La Boquilla



Ilustración 99. Molde para producción de canoas



Ilustración 100. Entrega de elementos para la práctica de actividades ecoturísticas

## 8.2. Proyectos Productivos ANLA

La Concesión Costera Cartagena Barranquilla S.A.S., a partir de la gestión realizada con la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), ejecutó proyectos productivos en el marco de los programas en consideración a las obligaciones contenidas en la licencia ambiental 1290 de 2015 en el artículo séptimo ítem diecinueve en la ficha GS-09, ficha acuerdos Específicos de Consulta Previa, para las comunidades de Tierra Baja y Puerto Rey, por ello se determinaron proyectos productivos que le generaran beneficios a la comunidad en general realtamos los siguientes:

| ITEM | COMUNIDAD                           | MEDIDA   | PROYECTOS PRODUCTIVOS  |
|------|-------------------------------------|--|--|
| 1    | Tierra Baja                         | Organización y fomento de las actividades tradicionales de la comunidad (agricultura, pesca y conservación específica del Cangrejo azul).                  | CONSERVACIÓN DEL CANGREJO AZUL, <i>Cardisoma guanhumi</i>  |
| 2    | Puerto Rey - Tierra Baja            | Proyectos productivos desarrollados con mujeres de la comunidad étnica que permitan el rescate de prácticas tradicionales y la generación de ingresos.     | POLLOS DE ENGORDE  |
| 3    | Puerto Rey - Tierra Baja            | Proyectos productivos desarrollados con mujeres de la comunidad étnica que permitan el rescate de prácticas tradicionales y la generación de ingresos.     | PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE HORTALIZAS AGROECOLÓGICAS   |
| 4    | Puerto Rey - Tierra Baja - Boquilla | Proyectos productivos desarrollados con mujeres de la comunidad étnica que permitan el rescate de las prácticas tradicionales y la generación de ingresos. | CRÍA DE TILAPIA ROJA EN PISCINA DE GEOMENBRANA CON SISTEMA DE RECIRCULACIÓN DE AGUA.                                 |
| 5    | Tierra Baja                         | Culturales, en el cual se involucre a niños y jóvenes de la comunidad étnica de La Boquilla.   | PROGRAMA PARA LA RECUPERACIÓN PSICOAFECTIVA DE NIÑOS, NIÑAS Y ADOLESCENTES EN SITUACIONES DE EMERGENCIAS Y DESASTRES |
| 6    | Puerto Rey - Tierra Baja            | Aquellos que promueven la paz y sana convivencia utilizando como estrategia las actividades culturales.  | RESILIENCIA: RECUPERACIÓN PSICOSOCIAL EN COMUNIDADES EDUCATIVAS DESPUÉS DE SITUACIONES CRÍTICAS                      |
| 7    | Puerto Rey                          | Proyectos productivos desarrollados con mujeres de la comunidad étnica que permitan el rescate de las prácticas tradicionales y la generación de ingresos. | ESCUELA DE SEGURIDAD ALIMENTARIA   |

Tabla 20. Proyectos productivos en comunidades étnicas

### 8.2.1. Tierra Baja:

- Proyecto conservación del cangrejo azul, (*Cardisoma guanhumi*).

El Concesionario Realizó acciones de protecciones de esta especie con la instalación de redes y capacitación a la comunidad sobre conservación del cangrejo.



Ilustración 101. Proyecto Cangrejo Azul.

### 8.2.2. Puerto Rey.

Los proyectos ejecutados en la comunidad fueron dirigidos al fortalecimiento de las actividades agrícolas y de piscicultura, para ellos se desarrollaron:

- Proyecto Productivo Gallinas Ponedoras.



Ilustración 102. Proyecto Gallinas Ponedoras

- Proyecto Producción Y Comercialización De Hortalizas Agroecológicas



Ilustración 103. Proyecto de Hortalizas Agroecológicas

- Proyecto Cría De Tilapia Roja En Piscinas De Geo Membrana Con Sistema De Recirculación De Agua



Ilustración 104. Proyecto Piscicultura



9

## RELACIÓN DEL PERSONAL TÉCNICO DE LA OBRA

**E**n las tablas a continuación se relaciona el personal técnico que tuvo participación en la obra del Viaducto del Gran Manglar sobre la Ciénaga de La Virgen en Cartagena- Colombia, por parte de las tres empresas involucradas las cuales son Concesión Costera Cartagena – Barranquilla S.A.S, el EPC y la empresa Rizzani de Eccher

| CONCESIÓN COSTERA CARTAGENA-BARRANQUILLA S.A.S |                                       |
|--|---------------------------------------|
| NOMBRE   | CARGO                                 |
| Miguel Ángel Acosta Osío                       | Gerente                               |
| Jaime Andrés Silva Sarmiento                   | Gerente Técnico                       |
| Rene Habib Mayans Cortes                       | Gerente Técnico                       |
| Ciro Alfonso Parra Guerrero                    | Director de Estudios y Diseños        |
| Henry Tarazona Montero                         | Director Socio-Ambiental              |
| Carmen Elena Carbo Marceles                    | Directora Jurídica                    |
| Harold Ramos Arango                            | Director Administrativo y Financiero  |
| Miguel Antonio Ortega Carom                    | Director Administrativo y Financiero  |
| Luis Alejandro Wilches Acero                   | Director de Operaciones               |
| Fabella Guerrero Espinoza                      | Directora de Proyectos (Redes)        |
| Carmen Elena Ibarra Benavides                  | Coordinadora Social                   |
| Deivis Del Rosario Martínez Hurtado            | Coordinadora Social                   |
| María Claudia Soto Cordero                     | Coordinadora Ambiental                |
| Ana María Pérez Herrera                        | Coordinadora Ambiental                |
| María De Los Ángeles Bettin Sierra             | Coordinadora Predial                  |
| Indira Margareth Martín Días                   | Coordinadora de Comunicaciones y R.P. |
| María Alejandra Riccioli Pion                  | Comunicadora Social                   |

| CONCESIÓN COSTERA CARTAGENA-BARRANQUILLA S.A.S |                              |
|--|------------------------------|
| NOMBRE   | CARGO                        |
| Ingrid Paola Vasco Rodríguez                   | Residente Social             |
| Katherine Pinilla López                        | Profesional Social           |
| Lolly Luz Manrique Padilla                     | Profesional Social           |
| Norida Magdalena Rodríguez Pinto               | Profesional Social           |
| Edith Torrado Ramos                            | Profesional Social           |
| Oscar Ruenes                                   | Residente Forestal           |
| Dariela Acosta Zambrano                        | Residente Ambiental          |
| Lady Romero Gutiérrez                          | Residente Ambiental          |
| Walfred Sanchez Montalvo                       | Profesional SIG              |
| Plinio González Alvarado                       | Profesional SIG              |
| Paola Isabel Tirado López                      | Profesional Jurídico Predial |
| Juan Carlos Linero Gonzalez                    | Biólogo                      |
| Andrea Carolina Osorio Arciniegas              | Bióloga Marina               |
| Lorena María Barboza Hernandez                 | Profesional Técnico Predial  |
| Alvaro Enrique García Jaime                    | Ingeniero Auxiliar           |
| Paola Carolina Nieto Ulloque                   | Residente de Redes           |

Tabla 21. Listado de personal técnico de Concesión Costera Cartagena- Barranquilla S.A.S

| EPC                                  |                                     |
|--------------------------------------|-------------------------------------|
| NOMBRES                              | CARGO                               |
| Armando Ramírez Villamizar           | Gerente EPC                         |
| Sandra Madrid Durango                | Residente SST                       |
| Hernán Alfonso Muñoz Bernal          | Director de Obra                    |
| Wilson Uribe Jaime                   | Director de Obra                    |
| Jairo Torres Varona                  | Director De Obra                    |
| Fernando Javier Rivera Castro        | Coordinador Jurídico                |
| Rafael Leonardo Castellanos Sandoval | Coordinador de Costos y Presupuesto |
| María Jose Caiaffa Serrano           | Ingeniera de Control y Presupuesto  |
| Diana Lorena Ramos Cortes            | Ingeniero De Costos Y Presupuesto   |
| Fabio Naranjo Salazar                | Ingeniero De Costos Y Presupuesto   |
| Lizeth Paola Muñoz Rodríguez         | Ingeniera De Estudios Y Diseños     |
| Hugo Núñez Lobo                      | Especialista en Pavimentos          |
| Johnny Javier Fajardo Gutiérrez      | Especialista Geométrico             |
| Lorena Cristina Prasca Ramírez       | Arquitecto                          |
| Efraín Duarte Romero                 | Geotecnista                         |
| Daniel Hernando Gutiérrez Parra      | Ingeniero De Diseños                |
| Andrés Enrique Arroyo Mendoza        | Residente De Calidad                |
| María Fernanda Núñez Tejera          | Residente De Calidad                |
| Juan Alfonso Morales Montenegro      | Residente De Obra                   |
| Andrés Leonardo Calpa Gómez          | Residente Calidad                   |
| Ramón Antonio Zabaleta Ortega        | Ingeniero Residente                 |
| Jose Luis Merlano Martínez           | Ingeniero Residente                 |
| Carlos Andrés Bustamante Peña        | Auxiliar De Ingeniería              |

Tabla 22. Listado de personal técnico del EPC

| RIZZANI DE ECCHER                   |  |
|-------------------------------------|--|
| NOMBRE                              | CARGO                                      |
| Jetmir Dinoshi                      | Gerente Administrativo y Financiero        |
| Sara Bocus                          | Ing. De Montaje                            |
| Luciano Passarin                    | Director Obra                              |
| Emilio Azar                         | Costos                                     |
| Paolo Giordani                      | Controlador De Proyectos                   |
| Jose David Fernández Hernandez      | Supervisor Junior                          |
| Oscar Ernesto Estepa Fonseca        | Gerente De Contratos                       |
| Oscar Fabián Avendaño Cárdenas      | Coordinador De Topografía                  |
| Leslie Esperanza Barragán Arismendy | Jefe SST Y Ambiental                       |
| Erick Newball Valenzuela            | Inspector Ambiental                        |
| Antonio Martin Puello Simanca       | Supervisor SST                             |
| Juan Carlos Cabas García            | Supervisor De Montajes-<br>Electromecánica |
| Mónica Paulina Gómez Caraballo      | Ingeniero De Campo                         |
| Rafael Jerónimo Pérez Palmieri      | Ingeniero De Campo                         |
| Deiver Arian Fragozo Baquero        | Ingeniero De Campo                         |
| Joan Cristina Berrio Ríos           | Ingeniero De Campo                         |
| Ana Ellen Malo Cañate               | Ingeniero De Campo                         |
| Stephany Hawasly Pastrana           | Ingeniero De Campo                         |
| German Jair Villar Hernandez        | Ingeniero Mecánico                         |
| Félix Armando Hernandez Romero      | Ingeniero Mecánico                         |
| Harold Quintero Gil                 | Topógrafo Senior                           |
| William Humberto Nieto Cárdenas     | Topógrafo Senior                           |
| Mauricio Antonio Tejeda Campo       | Topógrafo                                  |

| RIZZANI DE ECCHER                    |                              |
|--------------------------------------|------------------------------|
| NOMBRE                               | CARGO                        |
| Fabián Javier Vargas Herrera         | Topógrafo                    |
| Catherine Del Carmen Esalas Figueroa | Topógrafo                    |
| Marco Fidel Suarez Serpa             | Topógrafo                    |
| Marcela Patricia Castro Pérez        | Contadora                    |
| Hugo Ernesto Campos Viloría          | Electricista Programador PLC |
| Oswaldo Lima Sabalza                 | Electricista                 |
| Javier Enrique Romero Arrieta        | Electricista                 |

Tabla 23. Listado de personal técnico de Rizzani de Eccher



PREMIO NACIONAL DE INGENIERÍA 2019 VIADUCTO EL GRAN MANGLAR SOBRE LA CIÉNAGA DE LA VIRGEN



