

**UNIVERSIDAD CENTRAL**

**VICERRECTORÍA ACADÉMICA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**“ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD TÉCNICA DE DIFERENTES  
TECNOLOGÍAS EMPLEADAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE  
PLANTAS DE CONCRETO PREMEZCLADO EN COSTA RICA  
Y SUS RESPECTIVOS PROCESOS DE ELABORACIÓN”**

**MODALIDAD DE TESIS PARA OPTAR POR EL GRADO DE LICENCIATURA EN INGENIERÍA CIVIL**

**THOMAS FEDERICO FIGUEROA ARAYA**

**ESTUDIANTE**

**ING. ANGELO MURCIA QUESADA**

**PROFESOR TUTOR**

**SEDE ARANJUEZ**

**ABRIL, 2022**

|   |    |
|---|----|
| CAPÍTULO I: PROBLEMA .....  | 1  |
| 1.1 Planteamiento del problema.....                                       | 1  |
| 1.2 Objetivos.....  | 3  |
| 1.2.1 Objetivo General.....   | 3  |
| 1.2.2 Objetivos Específicos.....  | 3  |
| 1.3 Justificación .....   | 4  |
| 1.4 Antecedentes .....  | 6  |
| 1.4.1 Internacionales. ....   | 6  |
| 1.4.2 Nacionales.....   | 12 |
| 1.5 Proyecciones .....  | 19 |
| 1.5.1 Alcances.....   | 19 |
| 1.5.2 Limitaciones.....   | 21 |
| CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....   | 22 |
| 2.1 Tecnologías y técnicas de las plantas de concreto premezclado.....    | 22 |
| 2.2 Funcionamiento de las plantas de concreto premezclado .....           | 28 |
| 2.3 Características del producto, transporte y aplicación .....           | 34 |
| 2.5 Normativa técnica .....   | 53 |
| 2.5.1 Uso industrial y normativa regional Gran Área Metropolitana .....   | 55 |
| 2.5.2 Normativa aplicable requerimientos establecidos a cumplir .....     | 58 |
| 2.5.3 Normativa ambiental aplicable al proyecto .....                     | 62 |
| CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO.....                                     | 63 |
| 3.1.1 Técnica empleada para responder al primer objetivo específico ..... | 63 |

|  |           |
|--|-----------|
| 3.1.2 Sujetos y fuentes de información .....                               | 64iii     |
| 3.2.1 Técnica empleada para responder al segundo objetivo específico ..... | 65        |
| 3.2.2 Sujetos y fuentes de información .....                               | 66        |
| 3.3.1 Técnica empleada para responder al tercer objetivo específico.....   | 68        |
| 3.1.2 Sujetos y fuentes de información .....                               | 69        |
| <b>CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS</b> .....                           | <b>70</b> |
| 4.1 Planteamiento del análisis de factibilidad técnica .....               | 70        |
| 4.1.1 Información inicial.....   | 70        |
| 4.1.2 Ejes primarios del análisis .....                                    | 71        |
| 4.2 Tecnología de producción.....  | 72        |
| 4.2.1 Equipo industrial (Planta de concreto premezclado) .....             | 72        |
| 4.2.2 Criterios económicos .....   | 72        |
| 4.2.2.1 Componentes.....   | 73        |
| 4.2.2.2 Producción .....   | 73        |
| 4.2.2.3 Costo .....  | 74        |
| 4.2.3 Criterios ambientales .....  | 75        |
| 4.2.3.1 Tratamiento de polvos.....   | 76        |
| 4.2.3.2 Tipo de alimentación.....  | 77        |
| 4.2.3.3 Contaminación sónica.....  | 78        |
| 4.2.4 Criterios sociales.....  | 79        |
| 4.2.4.1 Credibilidad.....  | 79        |
| 4.2.4.2 Respaldo.....  | 79        |
| 4.2.4.3 Operación .....  | 80        |

|  |      |
|--|------|
| 4.3 Aspectos normativos.....                                     | 82iv |
| 4.4 Aspectos técnicos.....                                       | 98   |
| 4.4.1 Ubicación y entorno social.....                            | 98   |
| 4.4.2 Radio de acción de la planta de concreto premezclado ..... | 102  |
| CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....                 | 105  |
| 5.1 Conclusiones.....  | 105  |
| 5.2 Recomendaciones .....  | 107  |
| Anexos .....   | 113  |

**Tablas**

v

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1. Ejes primarios del análisis ..... | 71 |
| Tabla 2. Requerimientos económicos .....   | 75 |
| Tabla 3. Requerimientos ambientales .....  | 78 |
| Tabla 4. Requerimientos sociales .....     | 81 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Ilustraciones</b>  | vi  |
| Ilustración 1. Patio de materiales .....                            | 29  |
| Ilustración 2. Abastecimiento de agregados a planta.....            | 30  |
| Ilustración 3. Interfaz de software operación de planta .....       | 30  |
| Ilustración 4. Sistema automatizado de operación.....               | 31  |
| Ilustración 5. Pilas de sedimentación.....                          | 32  |
| Ilustración 6. Pruebas de calidad .....                             | 33  |
| Ilustración 7. Laboratorio de materiales .....                      | 33  |
| Ilustración 8. Planta de concreto premezclado .....                 | 34  |
| Ilustración 9. Diagrama de Usos de Suelo (Uso Industrial).....      | 84  |
| Ilustración 10. Diagrama de Requerimientos para el diseño .....     | 94  |
| Ilustración 11. Diagrama de requisitos para el funcionamiento ..... | 97  |
| Ilustración 12. Periferia Zona Industrial Cartago .....             | 102 |
| Ilustración 13. Radio de acción.....                                | 104 |

Al concluir con esta maravillosa etapa de mi vida quiero extender un profundo y sentido agradecimiento a tantas personas que hicieron posible la realización de este sueño, como también, a aquellos que, junto a mí, caminaron en todo momento y siempre fueron inspiración, apoyo y fortaleza.

Es, por tanto, que realizo una mención en especial para Dios y mi familia. Muchas gracias a ustedes por demostrarme que “El verdadero amor no es otra cosa que el deseo inevitable de ayudar al otro para que este se supere”.

Mi gratitud también hacia la escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Central, mi agradecimiento a cada docente, que quienes, con su apoyo y enseñanzas, constituyeron la base de mi vida profesional.

Deseo expresar mi profunda gratitud al profesor Ing. Ángelo Murcia, al Ing. Rodolfo Cárdenas, al Ing. Warner Mata, mis supervisores de investigación, por su paciente orientación, entusiasta aliento y sus útiles - críticas a este trabajo.

Finalmente, y no por tanto menos importante, agradecer a todas las personas que de alguna manera formaron parte de este gran proyecto.

Partiendo de la importancia del desarrollo a través de la creciente y constante utilización del concreto en las múltiples áreas del sector socioeconómico, tanto a nivel nacional como internacional, y su empleabilidad masiva, es necesario e imperativo tener estudios técnicos y científicos que establezcan los lineamientos de factibilidad, en la implementación de las diferentes tecnologías empleadas para la ubicación, instalación y puesta en marcha de plantas de concreto premezclado en Costa Rica.

Para proponer según los aspectos técnicos, ambientales y contextuales el marco de referencia con los elementos que garanticen la factibilidad técnica en la ubicación e implementación de una planta de concreto premezclado, dado que este tipo de industria se clasifica como peligrosa por las molestias que pueda generar al entorno, como el ruido, polvo y la circulación de transporte pesado entre otros, se procedió a la investigación de la ubicación de las áreas industriales, en específico en la Gran Área Metropolitana, en donde la planificación urbana tiene definidas áreas industriales consolidadas, áreas en desarrollo y áreas propuestas para el establecimiento de estos proyectos. Cada una de estas zonas se analizó según sus características, como la provincia donde se ubican, las vías de acceso, empresas establecidas, abastecimiento de materias primas, como también, aspectos ambientales y sociales.

Determinando así que se debe tener en consideración al iniciar un proyecto como lo es la planta de concreto premezclado que, la ubicación, instalación y puesta en marcha es normada por un marco regulatorio más exigente y complejo, como industria inocua, siendo de importancia la verificación minuciosa para el cumplimiento de estas.

## **CAPÍTULO I: PROBLEMA**

### **1.1 Planteamiento del problema**

Costa Rica ha desarrollado de manera creciente una marcada vocación por la protección de los recursos naturales y el impulso de condiciones propicias para el desarrollo humano sostenible.

El impacto ambiental que genera todo el proceso de logística, preparación y elaboración de una obra constructiva es significativo, sumado a esto, el constante desarrollo creciente de este sector ha significado replantearse en el país y el mundo, el impacto que se está generando al Medio Ambiente.

Creando y aplicando así estos nuevos paradigmas ambientales y de desarrollo sostenible a la elaboración de las materias primas de la construcción, como lo es el concreto, las plantas encargadas de su producción, debido a su naturaleza de funcionamiento y los procesos que conlleva, los materiales que utiliza, el acarreo en vehículos pesados, el consumo de energía, estas plantas son catalogadas como industrias molestas y peligrosas, siendo por lo tanto proyectos normados y regulados por el Estado Costarricense, tanto en ubicación, diseño y funcionamiento, lo anterior con el fin primario de aislar estos proyectos de los centros de población, previendo la afectación a la calidad de vida de sus habitantes, velando a su vez por la relación correcta entre “La Planta y El Medio Ambiente” y el impacto que esta genere.

Lo anterior hace que la obtención de los permisos de ubicación e implementación de una planta de concreto premezclado sean un proceso engorroso y de costos elevados.

Adicionalmente, por su historia y características, estos proyectos suelen ser sujetos de estigmas sociales y prejuicios, reflejándose en el rechazo de las poblaciones aledañas, siendo así el entorno social un punto más a tomar en consideración.

La ubicación de estos proyectos por lo tanto es normada y preestablecida a sitios destinados para tales fines, sumado a esto, debido a las características del producto elaborado, dicha ubicación adicionalmente debe responder a criterios técnicos y logísticos.

Por último, si el diseño de la planta y sus obras complementarias no responden a un criterio funcional, la producción se entorpece, aumenta la probabilidad de accidentes, de igual manera sucede con el uso de tecnologías obsoletas o equipos con su vida útil ya cumplida, pues esto se traduce en ineficiencias en los procesos productivos, aumentando así sus costos, disminuyendo su calidad y en algunos casos, ocasionando un impacto mayor al Medio Ambiente.

Resultando de todo lo anterior, la interrogante: ¿Cuáles son las tecnologías y procesos, así como los requisitos normativos, técnicos, ambientales y sociales que se deben considerar para medir la factibilidad técnica para la ubicación e implementación de una Planta de Concreto Premezclado en Costa Rica?

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo General.**

Determinar la factibilidad técnica de diferentes tecnologías empleadas para la construcción de plantas de concreto premezclado en Costa Rica y sus respectivos procesos.

### **1.2.2 Objetivos Específicos.**

Definir las características específicas y generales de las distintas tecnologías empleadas en la ubicación e implementación de plantas de concreto premezclado.

Analizar los aspectos técnicos, legales y ambientales que permitan conocer y medir la factibilidad en el proceso de ubicación e implementación de una planta de concreto premezclado en Costa Rica.

Proponer según los aspectos técnicos, ambientales y contextuales, el marco de referencia con los elementos que garanticen la factibilidad técnica en la ubicación e implementación de una planta de concreto premezclado en un sitio específico.

### **1.3 Justificación**

Establecer los parámetros abordados en la presente investigación posiciona una serie de variables de gran importancia a nivel técnico, jurídico, ambiental, económico y social que le da soporte y estructura a la investigación.

Partiendo de la importancia del desarrollo a través de la creciente y constante utilización de concretos en las múltiples áreas del desarrollo socioeconómico, tanto a nivel nacional como internacional, y su empleabilidad masiva, es necesario e imperativo tener estudios técnicos y científicos que establezcan los lineamientos de factibilidad en la implementación de las diferentes tecnologías empleadas para la construcción de plantas de concreto premezclado en suelo nacional.

Establecer un marco referencial, teórico, normativo y comparativo de las distintas tecnologías utilizadas para la ubicación e implementación de estas plantas es de gran utilidad para futuros análisis y estudios de factibilidad, brindando toda una estructura detallada de las implicaciones, beneficios o dificultades que presenta cada una de las mencionadas etapas, permitiendo así la toma de decisiones basadas en evidencias técnicas y científicas.

La utilidad parte de varias premisas y aristas de investigación, ya que el estudio comprende una amplia gama de factores como ya se mencionaba anteriormente, que incluye el marco de las políticas ambientales, las normas jurídicas a nivel nacional y el

gran engranaje que implica el análisis de factibilidad en procesos industriales como la instalación e implementación de una planta de concreto.

Lo anterior por medio de estudios, análisis y comparaciones de los elementos necesarios en el proceso, tomando en consideración un espectro amplio que incluye factores ambientales, económicos y jurídicos de la legislación costarricense, presentando adicionalmente de manera indirecta una serie de aspectos que impactan de manera positiva en términos sociales y ambientales.

En síntesis, la presente investigación propone una amplia gama de conocimientos en términos de tecnologías industriales para la elaboración del concreto premezclado y sus aspectos técnicos y legales, brindando el andamiaje sólido para la determinación de la factibilidad de los elementos necesarios para la instalación e implementación de las plantas de concreto premezclado en el país.

## **1.4 Antecedentes**

### **1.4.1 Internacionales.**

#### **Estudio de prefactibilidad para el montaje de una planta de concreto premezclado en las instalaciones de la cantera de Colombia, en el municipio de Pereira**

El trabajo de Palacio, S. (2019) tiene como objetivo fundamental evaluar la prefactibilidad del montaje de una planta de concreto premezclado en las instalaciones de la Cantera de Colombia, ubicada en Pereira.

Para cumplir este propósito se tomó como metodología el Manual para la preparación de estudios de viabilidad industrial (Behrens y Hawranek, 1994), de la Organización de la Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI).

El desarrollo de la propuesta metodológica consiste en un estudio mixto de tipo cuantitativo y cualitativo. Inicialmente se efectuaron una serie de análisis en los cuales se determinaron no sólo los antecedentes relacionados con el proyecto, sino también los fundamentos teóricos importantes para el respaldo conceptual que enmarcan su desarrollo.

Para llevar a cabo el estudio y el análisis del mercado se examinaron fuentes de información primarias y secundarias, con las cuales se determinó la demanda en relación con la oferta existente; además, se analizaron los precios de oferta de la competencia existente.

En cuanto al estudio ambiental, se determinó el impacto que supone la implementación y posterior funcionamiento de una planta de concreto premezclado sobre una cantera; adicionalmente, se describieron los planes y acciones de manejo para mitigar los posibles impactos al medio ambiente.

Por último, la inversión que necesita el proyecto se especifica en la evaluación financiera, donde fueron detallados los estados financieros como: estado de resultados y flujo de caja. Así mismo, las tasas internas de retorno para los inversionistas y para el proyecto.

Los hallazgos encontrados son de viabilidad técnica, ambiental, y financiera para el montaje de la planta.

Conocer otras investigaciones que abordan el tema de factibilidad de la construcción o montaje de plantas de concreto premezclado dan un insumo instrumental de gran relevancia, si bien es cierto, la investigación se da en el marco de otro país el cual establece normativas distintas a las de Costa Rica, en los aspectos técnicos se puede encontrar relaciones específicas al proyecto, lo que establece insumos teóricos y metodológicos.

### **Propuesta de mejora en la producción de una planta concretera**

La presente tesis de Alca, E. Maldonado, R. Reátegui, D. (2015) tiene como objetivo general analizar el proceso de producción en MIXERCON, empresa dedicada al rubro de

concreto basándose en las deficiencias que esta empresa presenta, desarrollando un plan de contingencia para lograr mejorar los tiempos de entrega al cliente final sin afectar la calidad del producto.

Los objetivos planteados fueron eliminar los cuellos de botella o tiempos muertos que se generan en las actividades de carguío, regulación y salida de planta: elevándolos costos y afectando el servicio brindado a los clientes, considerado lo anterior como eventos negativos.

Al cumplir estos objetivos se optimizaría de la mejor manera los equipos con que se cuenta en planta, generando mayor cantidad de producto terminado y solventando las deficiencias.

Entre estas, mencionan los autores de la tesis, se decide construir un muro de contención en las construcciones aledañas para poder colocar los agregados en dicha estructura y no dañar la así las vecinas; a fin de aumentar el área del patio de operaciones en un 60% y disminuir los tiempos operativos con el objetivo de que las unidades puedan ingresar a la zona de carguío en un menor tiempo generando mayor producción por hora.

Las características específicas que presenta el concreto dependen de múltiples factores en el proceso de elaboración; lo cual a su vez está mediado por la calidad de la materia prima utilizada y los métodos empleados.

Es por lo que establecer dichos factores es de suma relevancia para determinar la calidad del concreto, también para determinar la factibilidad de una planta y el producto final que ésta genere.

Es decir, a la hora de evaluar la factibilidad de las distintas tecnologías para la construcción de una planta de concreto, como eje central debe medir la calidad del producto final y la capacidad del equipo seleccionado, esto en concordancia con el resto de los factores ya antes mencionados.

### **Diseño, procura y construcción de una planta de fabricación de concreto premezclado**

El proyecto de Alvarado, L. Bravo, A. Chanamé, J. Palomino, C. Trigo, F. (2016) “Diseño, procura y construcción de una planta de fabricación de concreto premezclado” es un proyecto estratégico de la Empresa G & A Consultores y Contratistas S.A.C. (G&A), y tiene como meta crear una nueva unidad de negocios.

Se desarrolla en sus etapas de inicio y planificación, basados en la aplicación de las prácticas del PMBOK.

Este proyecto se lleva a cabo debido al auge del sector de la construcción en Perú, específicamente en el cono norte de la provincia de Lima, donde se presenta la oportunidad

de proveer un insumo importante y primordial en la construcción, como es la venta de concreto premezclado.

Los autores plantean implementar la planta de concreto premezclado con los siguientes objetivos: capacidad de producción de 400m<sup>3</sup>/día, plazo de ejecución de 12 meses y su ubicación, detallan, será en el sector denominado Trapiche km. 24 de la carretera a Canta, distrito de Caraballo, justificando los autores, debido a la cercanía de las canteras de agregados, insumos esenciales del concreto y la existencia de fuentes de agua cercanas.

En dicho antecedente se describe que la ejecución del proyecto se realizará en fases: la fase de diseño, (que contempla la elaboración del Expediente técnico definitivo), fase de procura y fase de construcción.

Se menciona que el área de terreno propuesta será de 4000m<sup>2</sup> aproximadamente. Asimismo, mencionan los autores, para el proyecto se deberá contar con un equipo dosificador de concreto móvil, áreas para las oficinas administrativas y el laboratorio de calidad.

En términos prácticos, conocer los posibles procesos constructivos de plantas de concreto premezclado, entre ellas la planeación y el diseño, ofrecen un insumo de gran relevancia para la presente investigación, al establecer las características de los procesos que conlleva el desarrollo de un proyecto industrial, como lo es la planta en estudio.

## **Aplicación de métodos lean en el desarrollo de un proyecto eléctrico enfocado a la automatización de un molino de cemento**

En este trabajo Pérez, E. (2014) menciona que el cemento es un material básico para la construcción. Dicho consumo y la producción de este están ligados directamente al incremento poblacional del país, menciona el autor.

Comenta que la producción de cemento en México alcanzó en el año 2013, 55 millones de toneladas, resultando aproximadamente el 2.2% de la producción mundial de dicho material, menciona Pérez, siendo el aumento en la demanda un factor constante.

En este trabajo, se relaciona la fabricación de cemento, la cual encasilla el autor como “una actividad industrial intensiva en energía”; motivo por el cual el autor justifica y desarrolla el trabajo realizando la incorporación de los métodos Lean.

En este trabajo se recalca que el desempeño productivo en el sector de la construcción es un reflejo claro de la actividad económica total en México, de ahí la importancia de la industria cementera en el sector, siendo dicho producto un insumo indispensable en la elaboración de obras privadas y públicas.

Por lo tanto, este antecedente ofrece otras alternativas, prácticas y sistemas para la fabricación y producción de concreto, permitiendo la comparación y triangulación de métodos y procesos que permiten poseer un criterio más amplio sobre las prácticas y métodos, en busca de mejores resultados con un menor impacto.

### **1.4.2 Nacionales.**

#### **Estudio técnico sobre la eficiencia en la fabricación y colocación de concreto premezclado, hecho en sitio con planta y con batidora.**

La investigación realizada por Ramírez Vargas (2015) “Estudio técnico sobre la eficiencia en la fabricación y colocación de concreto premezclado, hecho en sitio con planta y con batidora” estudia y aborda ampliamente la fabricación y colocación de concreto premezclado desde dos aristas distintas, correspondientes al hecho en planta y al hecho en sitio con batidora, considerando los múltiples aspectos que se relacionan e interactúan en los procesos de producción y elaboración de dicho material. Además, se realiza una comparación de la eficacia de cada método de abastecimiento en términos de costo, tiempo y calidad.

Comprender los métodos de fabricación de concreto es un pilar dentro de la investigación, los insumos del abordaje teórico que brindan trabajos como el de Ramírez Vargas (2015) establecen los cimientos para el desarrollo conceptual de algunas formas puntuales de la fabricación de concretos en Costa Rica.

El concreto al ser uno de los materiales de construcción más utilizados en la actualidad, deben tener estándares altos de calidad en sus procesos de fabricación, distribución, preparación y aplicación; lo cual depende en gran parte de la logística desde las plantas, es en este punto donde existe una relación directa con el tema aquí desarrollado.

Una de las grandes dificultades que existen en términos logísticos es la distribución, que muchas veces no dispone de un criterio técnico para abastecer de concreto a proyectos donde se requiera grandes volúmenes, es por lo que, menciona el trabajo, la ubicación y los diseños de las plantas establecen un papel fundamental para el buen manejo de la producción, así como la maximización de los procesos productivos y de distribución.

El diseño de dichas plantas es fundamental cuando se suman la gran cantidad de variables que intervienen en las tecnologías empleadas para la construcción y ejecución de dichas fábricas de concreto premezclado y sus respectivos procesos de elaboración, analiza Ramírez Vargas.

La investigación de modelos de abastecimiento de concreto, así como los diseños de las plantas, permiten comprender las variables que dinamizan los procesos, ayudando a comprender cómo estos se relacionan entre sí; resultando de utilidad en la incorporación de la logística de la industria y el diseño funcional.

### **Factibilidad técnica y ambiental para el diseño de sitio de una planta de concreto**

Hernández Mena (2010) en su proyecto final de graduación para optar por el grado de Licenciatura, realiza un amplio abordaje de las múltiples características que involucran la construcción y proceso de ensamblaje de una planta de concreto premezclado, incluyendo los trámites ambientales y legales que se deben realizar y ejecutar conforme a los reglamentos y leyes nacionales.

Motivado por la inquietud de la empresa Maquinaria, Construcciones y Materiales S.A. (MACOMA S.A.) en expandir sus fronteras e incursionar en nuevos campos de la construcción, Hernández Mena estudia la instalación de una planta de concreto premezclado generando así la documentación dirigida a la investigación de la tramitología en materia ambiental principalmente.

Otro de los pilares de dicha investigación, fue analizar y valorar técnicamente el uso y adaptación del suelo, con el objetivo de evaluar la viabilidad de la implementación de la planta, ya que las condiciones deben de cumplir múltiples características puntuales para tal fin.

Es por ello, menciona el autor, con información del sitio, se hizo un seguimiento a aquellos factores que permiten otorgar una viabilidad ambiental por parte de la Secretaría Técnica Nacional Ambiental (SETENA).

Evaluando los factores que interactúan con el medio ambiente y el desarrollo de la actividad, con lo cual el autor consiguió detectar los impactos ambientales más importantes producidos por el desarrollo de la obra. Para esto se completaron los formularios de acuerdo con los procedimientos establecidos por la SETENA. Adicionalmente, se realizó un pronóstico del plan de gestión ambiental que proporciona una visión más clara de las medidas de prevención, corrección, compensación o mitigación para cada una de las fases del proyecto.

Por último, se efectuó la propuesta para la conformación del suelo en el lugar donde se colocará la planta de concreto, consistiendo ésta en la construcción de rellenos de sustitución con el fin de mejorar las condiciones de cimentación y prevenir asentamientos.

Si bien es una investigación con diez años de publicada, la mayoría de las normas y procedimientos mantienen su espíritu, permitiendo ser fuente para triangular información y divisar la evolución de los requisitos para implementar este tipo de industria en el país.

### **Elaboración de una guía de procedimientos constructivos sostenibles en edificaciones nacionales, con áreas mayores a 1000m<sup>2</sup>**

Las distintas regulaciones vigentes en el país para la construcción y operación de una planta de concreto premezclado, conlleva la ejecución de múltiples procesos y estudios in situ para determinar la viabilidad de dicho proyecto. Para esto es necesario establecer y conocer los procedimientos constructivos en la legislación nacional, con el objetivo de organizar un plan o una guía procedimental.

Méndez Ávila (2009) realiza un proyecto donde elabora una guía de procedimientos constructivos sostenibles en edificaciones que cubren un área de más de 1000m<sup>2</sup>. Dicho proyecto organiza de manera sistemática los procedimientos y aspectos de relevancia para llevar a cabo proyectos de tal envergadura en Costa Rica, siguiendo los lineamientos técnicos y ambientales que corresponde a la legislación vigente.

Méndez Ávila menciona al respecto lo siguiente:

Costa Rica ha vivido un auge en lo que a construcción se refiere. Grandes transnacionales se han instalado en el país y requieren de espacios donde realizar sus labores, los comercios descubren mercados nuevos donde satisfacer demandas debido al surgimiento constante de nuevos asentamientos, representados por urbanizaciones, residenciales, entre otros, igual situación se presenta con diferentes instituciones, tanto públicas como privadas, que necesitan expandir las áreas de acción con que cuentan, como ocurre con instituciones estables, bancos, universidades, fábricas y muchos más. (p.7)

La construcción como motor de desarrollo económico ha marcado grandes avances a nivel internacional y nacional, la inversión extranjera, así como la local, invierten en plantas o construcciones que se adapten a las necesidades de la industria y sus características específicas.

Por otra parte, establecer los parámetros necesarios para una buena planificación y ejecución es fundamental para el desarrollo y planteamiento del proyecto, con el objetivo de organizar de forma oportuna las distintas etapas constructivas y de producción, utilizando una amplia gama de técnicas tecnológicas y arquitectónicas, citadas en los antecedentes presentados.

## **Situación actual de la gestión de los materiales de construcción en Costa Rica**

La industria de la construcción se considera un pilar en el desarrollo y en la economía actual, ya que es el eje fundamental para todos los demás procesos industriales, es decir, para cualquier proceso de este tipo o actividad económica relacionada a dichos procesos, será necesario en un primer plano la implementación de plantas para suplir los materiales que den paso a la construcción de carreteras, puentes, puertos, aeropuertos, entre otros.

Abarca Guerrero y Leandro Hernández (2016) mencionan la importancia de dicho sector en Costa Rica:

El sector de la construcción aporta un alto porcentaje del producto interno bruto (PIB) en las naciones en vías de desarrollo, suministrando empleo a un grupo importante de la población. La industria interviene, entre otros, en la construcción de edificios, carreteras, represas, ferrocarriles, oleoductos e incluso estaciones espaciales, pero también contribuye a la degradación ambiental. La industria de la construcción en el país hace un aporte significativo a la economía. De acuerdo con los informes de la Cámara Costarricense de la Construcción, la tasa de crecimiento ha sido una de las más dinámicas en los últimos años. Al mismo tiempo, el sector genera una gran cantidad de residuos que tienen un impacto importante en el medio ambiente. (p.2)

Es claro que los procesos de construcción generan condiciones de desarrollo de suma importancia, conformando una serie de dinámicas laborales que benefician directa e indirectamente al país.

En el trabajo se evidencia como en la línea del tiempo, la necesidad de suplir materiales para la construcción, históricamente se presenta como un factor en continuo crecimiento:

La población de las zonas urbanas ha crecido del 30% al 60% desde el año 1950 hasta la fecha (INEC, 2013), lo que es un indicador claro de la necesidad de viviendas y comercios, principalmente en la Gran Área Metropolitana (GAM), adicionalmente como las obras complementarias, turísticas, deportivas, sanitarias, de salud, agroindustriales y religiosas.

Se concluye resaltando que, en la legislación y normas dentro del marco legal costarricense, se establecen los parámetros para efectuar proyectos de construcción, estos según el tipo, el uso y la empleabilidad que se destine a dicha obra o proyecto. Además, la gestión de materiales también se encuentra regulada por una serie de aspectos técnicos y normas para crear parámetros de calidad en estos; por tanto, es imperativo conocer dichos aspectos a la hora de abordar el presente proyecto de investigación.

## **1.5 Proyecciones**

### **1.5.1 Alcances.**

Para determinar la factibilidad técnica de las diferentes tecnologías empleadas para la construcción de plantas de concreto premezclado en Costa Rica y conocer sus respectivos procesos, se realiza un análisis tomando en cuenta los diferentes contextos para el cumplimiento del objetivo general, teniendo como resultado una serie de parámetros guía que servirán para definir y recomendar la ubicación estratégica determinada para el proyecto, los requerimientos normativos a cumplir y el tipo de planta considerando la tecnología empleada.

Las diferentes plantas de concreto que se encuentran actualmente en el mercado son analizadas para definir los parámetros guía, por lo que se realiza una investigación de los tipos y la tecnología empleada para su funcionamiento, el combustible utilizado, además del proceso de elaboración del concreto. Asimismo, se consideran las instalaciones complementarias y la logística, en cuanto a la ubicación propuesta se incluyen las variables de carácter técnico, de orden legal y ambientales, así como lo social sin dejar de lado el aspecto económico, para determinar el área industrial más conveniente.

Se revisan los estudios requeridos para la evaluación ambiental, así como las características propias de las zonas industriales existentes y en desarrollo como parte del proceso de la viabilidad del proyecto de la planta de concreto premezclado. Estos estudios

no son elaborados para este trabajo ya que serán parte posterior del proyecto a desarrollar y en un terreno específico ya definido.

Con la síntesis de los resultados obtenidos en cada una de las etapas analizadas se realiza la propuesta más adecuada para la ubicación de una planta de concreto premezclado integrando el entorno inmediato, el marco regulatorio vigente y los aspectos funcionales y técnicos requeridos.

Se establecieron criterios de evaluación para determinar el tipo idóneo de la planta y su tecnología, además del sitio estratégico para la ubicación de esta, todo esto con el fin de contar con un proyecto que, en armonía con el ambiente, lo social y lo económico, por consiguiente, un proyecto de desarrollo sostenible.

### **1.5.2 Limitaciones.**

El presente trabajo se vio limitado por cuatro razones principales, que se detallan a continuación:

El acceso a la información y en especial a temas específicos como lo son las plantas de concreto premezclado, se ha visto limitado dada la crisis sanitaria que ha afectado al mundo desde hace dos años, el hermetismo se hace presente tanto en instituciones públicas como en empresas privadas.

Los requisitos normativos son generales para las industrias definidas como peligrosas, dado que las plantas de concreto premezclado no son proyectos que se realizan con relativa frecuencia, por lo que algunos requisitos no son claros o quedan a criterio de las instituciones correspondientes según el análisis técnico que se determine.

Son pocos los profesionales con amplia experiencia en temas de plantas de concreto premezclado, por lo que la disponibilidad de estos para brindar la información técnica y de funcionamiento, así como transmitir los casos exitosos y lecciones aprendidas de este tema en específico se limita.

Las medidas sanitarias establecidas en Costa Rica, y los aforos reducidos para la visita a diversos sitios, no permitió que empresas con proyectos ya establecidos facilitaran el acceso a estos para conocer y analizar el funcionamiento y los diversos aspectos técnicos de las plantas en estudio.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Tecnologías y técnicas de las plantas de concreto premezclado**

El concreto se ha convertido en uno de los principales elementos de construcción en el mundo, siendo un pilar para el crecimiento económico, el desarrollo inmobiliario y de obras civiles. Desde su aplicación en términos industriales, el concreto ha ido cambiando según las necesidades que el contexto y el ambiente determinen, así como la tecnología aplicada; el continuo avance tecnológico y de investigación sobre la ingeniería de materiales, procesos de fabricación y formas de aplicabilidad, han estructurado un andamiaje teórico para la comprensión de su aplicabilidad en los distintos escenarios donde se va a emplear.

Según Richmond (2011) una planta de concreto se compone de una serie de elementos necesarios para su funcionalidad, de la cual dependen el tipo y calidad del cemento, al respecto menciona que:

Esta es un complejo de producción compuesto por distintos equipos, entre los cuales se pueden mencionar tolvas para agregados, básculas, mezclador, cabina de operación, silos para cemento y bandas transportadoras. En la planta de concreto se puede realizar tanto la dosificación de las materias primas de la mezcla de concreto, como su proceso de mezclado (p.7).

Estos elementos se diferencian según el tipo de planta de concreto que sea, es decir, el tipo de tecnología y técnica utilizada, lo cual a razón de las necesidades específicas y del

objetivo de la planta va a presentar distintas características de diseño, proceso y acabado; lo cual incluye no solo diferencias a nivel de producción, sino también, a nivel de especificaciones y resultados finales. Richmond (2011) establece que la:

**Planta dosificadora:** este tipo de planta no posee mezclador. Una vez que las materias primas son dosificadas se pasan a un camión auto mezclador que es donde se realiza la homogenización de la mezcla de concreto.

**Planta mezcladora:** para producir concreto premezclado, posee un mezclador que es donde se combinan las materias primas para generar como resultado el concreto.

Por su proceso de montaje y desmontaje se clasifican en:

**Plantas móviles:** para aquellos trabajos que requieren el desplazamiento de los equipos tras la finalización de la obra. Para el desplazamiento de la planta móvil, se pone el equipo en su posición de transporte, quedando listo para ser arrastrado por una cabeza tractora gracias al bastidor autoportante del módulo de tolvas y del módulo de amasadoras.

**Plantas estacionarias:** Son las plantas diseñadas y pensadas para permanecer en el mismo sitio de trabajo durante la vida útil del equipo.

**Plantas modulares:** Son plantas pensadas para ser empleadas en distintos proyectos. Estas se construyen en distintos módulos estructurales que le permiten ser transportados y ensamblados con facilidad. (p.8)

**Plantas verticales:** el acopio de los agregados se halla en la parte superior de la planta, al encontrarse el agregado sobre el mezclador se elimina el tiempo de subir el agregado hasta el mismo.

**Plantas horizontales:** permiten la carga del árido mediante pala, camión o sistemas de cintas transportadoras. La principal característica es que el acopio del árido se realiza en una batería de tolvas situada a nivel del suelo, por lo que el árido es elevado hasta el nivel de amasado mediante cinta transportadora” (Richmond, 2011).

### **Elementos de una planta de concreto premezclado**

Los elementos que componen una planta de concreto van a variar según la tecnología utilizada y las especificaciones que requiera el producto final. Sin embargo, se tienen aspectos generales que son intrínsecos al diseño de la planta de producción.

Es importante recalcar que, si bien las plantas de concreto premezclado comparten las características y factores del producto final, no siempre comparten el mismo diseño, ya que esto depende de las necesidades contextuales de múltiples factores como lo son los asociados a la topografía, el montaje, el espacio, la carga de materiales y demás.

**Tolvas:** son los contenedores donde se depositan los materiales o agregados (gravas y arenas) para la fabricación del producto final o concreto. De estas se movilizan o desplazan dichos agregados, Richmond (2011) además, menciona que “estas tienen vibradores neumáticos para ayudar al material a fluir y tienen igual cantidad de pistones neumáticos para la apertura de las compuertas” (p.9).

**Balanzas:** Las balanzas son elementos que se encargan del pesaje, Richmond (2011) los conceptualiza como un “Sistema de pesaje de los agregados de manera que asegura la correcta dosificación”. Según el diseño de mezcla que se programe, se emplean celdas de pesaje (p. 9).

Presentando una importancia fundamental a la hora de la preparación y características del producto final, ya que el sistema asegura las cantidades y las proporciones para un producto de calidad; al ser en gran medida las proporciones las que brindarán las características que se buscan según el concreto y sus especificaciones.

**Bandas transportadoras, de carga y descarga:** este sistema de bandas comprende un conjunto de elementos transportadores del material o agregados, Richmond (2011) establece que:

Consiste en el sistema que conduce los agregados luego de ser pesados hacia el mezclador. Las bandas transportadoras están integradas por rodillos, rodillos de retorno, muñoneras, motor, reductor y estaciones de carga, y generalmente son una banda de goma.

**Banda de carga y descarga:** es la banda que recibe los agregados dosificados provenientes de las tolvas y que los traslada hacia la banda transportadora. (p.9)

Este conjunto de bandas es responsable de la movilización de los agregados dentro de la planta de concreto premezclado, las cuales se ubican según las características específicas de la planta, pero realizando las mismas funciones.

**Mezclador:** este elemento se compone de un contenedor que se encarga de mezclar y homogenizar los agregados transportados desde la tolva por medio de las bandas transportadoras; existen varios tipos según la tecnología empleada o el tipo de planta. “Existen los de doble eje horizontal, eje vertical o planetaria. El mezclador está adaptado a un motor. Este, mediante un reductor, es el que genera el movimiento de los ejes dentro del tambor mezclador. Las partes principales de estos ejes son las muñoneras y los estoperos de la muñonera”. (Richmond, 2011, p.9)

Las características del concreto y producto final dependen en gran medida de esta etapa, ya que es la que se encarga de establecer las texturas finales que brindarán los elementos específicos solicitados por la obra.

**Silos de cemento:** según Richmond (2011) los silos de cemento son los elementos especializados para almacenar el cemento en estado de granel.

“Estos silos se llenan mediante tuberías que a presión transportan el cemento. Sobre los silos se encuentra un sistema de filtros cuya función es eliminar los elementos residuales en el aire como medida medioambiental”.

Los tanques de almacenamiento de la planta de concreto premezclado contienen diferentes contenidos según su funcionalidad.

Los tres tanques principales son el tanque de cemento que lo recibe proveniente de los silos, el tanque de agua y el tanque de aditivo.

Richmond (2011) los clasifica de la siguiente manera:

**Tanque de cemento:** es el contenedor que recibe el cemento proveniente de los silos y, en el cual, se encuentran las celdas de pesaje de cemento que tienen una forma de “S”, y que además se une al mezclador mediante una unión flexible.

**Tanque de aditivo:** es el recipiente en el cual se almacena el aditivo previo a ser trasladado hacia el mezclador. Este cuenta con celdas de pesaje para el aditivo.

Estos aditivos llegan al tanque mediante el accionamiento de una bomba centrífuga que lo suministra desde los depósitos.

**Tanque de agua:** recipiente en el que se contiene el agua que proviene de la tubería que transporta el líquido desde la toma y en el cual se tienen celdas de pesaje para el agua para su dosificación previa al proceso de mezclado. (p.9)

Estos tanques se deben sincronizar de manera que la inyección de las distintas sustancias o agregados sea óptima y cumpla con las proporciones necesarias, con el objetivo de obtener un producto con las características requeridas para la obra en la cual se va a emplear.

**Básculas y tornillo sin fin:** Richmond (2011) lo establece como los “Sistema de celdas de pesaje para el cemento y el agua”.

**Tornillo sin fin:** sistema para transportar el cemento desde los silos hasta el tanque de cemento, constituido por un sistema de transporte o barra helicoidal (p.9).

**Cabina de Control:** Richmond (2011) menciona que “La cabina de control es el sitio donde se encuentra el operador de la planta y que cuenta con sistemas automatizados que permiten generar los distintos diseños de mezcla, llevando un control de los pesos de los componentes del concreto y de la producción” (p.9).

## **2.2 Funcionamiento de las plantas de concreto premezclado**

La planta de concreto premezclado, como su nombre lo indica, es un equipo industrial que realiza la mezcla controlada y medida de material aglutinante (cemento), material clasificado (gravas y arenas), agua y aditivos, produciendo así el concreto premezclado, siendo este uno de los materiales más utilizados en la construcción en Costa Rica y el mundo.

El funcionamiento básicamente, no sólo se basa en el equipo industrial como tal, sino en el conjunto de áreas destinadas que de forma integral aportan su fin para conseguir el producto terminado, en este caso, el concreto premezclado. Estas se pueden resumir en: área de almacenamiento de materia prima, (Patio de materiales, silos de cemento, almacenamiento de agua y aditivos), el área de la planta (Tolvas, mezclador, cuarto de mando), área de filtrado de polvo y residuos, así como también el área destinada para el

almacenamiento de desechos. Se deben considerar además un laboratorio para pruebas de calidad y el sistema de pesaje de camiones.

En el patio de materiales, se apilan los agregados según su granulometría.



Ilustración 1. Patio de materiales

Elaboración propia en visita guiada a planta de concreto premezclado (2021).

Es de esta zona, en donde un cargador abastece las tolvas, las cuales son recipientes dispuestos con mallas para asegurar el tamizaje, estas además cuentan con sensores de peso o básculas digitales, que permiten liberar en la cinta transportadora la cantidad específica para la dosificación por peso de la mezcla, de acuerdo con las características solicitadas para la resistencia del concreto.



Ilustración 2. Abastecimiento de agregados a planta

Elaboración propia en visita guiada a planta de concreto premezclado (2021).

El cemento almacenado en silos es transportado por tornillos sin fin, el agua y los aditivos son agregados en litros, controlados digitalmente, una vez juntos todos los materiales se inicia el proceso de mezcla hasta lograr la correcta homogenización.

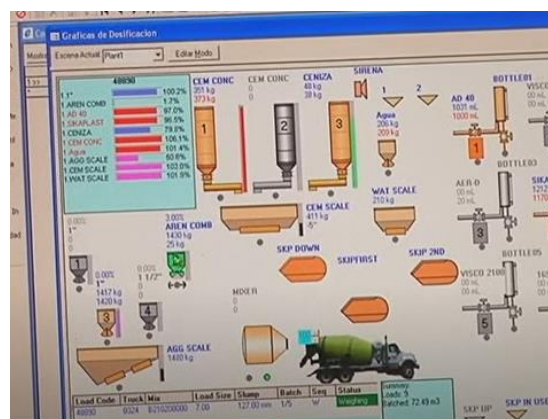


Ilustración 3. Interfaz de software operación de planta

Elaboración propia en visita guiada a planta de concreto premezclado (2021).

Las tecnologías actuales utilizadas en las plantas de concreto se basan en gran parte en la automatización, controlada por sistemas informáticos, esto no solo permite maximizar la producción, sino, controlar, de manera precisa los estándares de calidad y las medidas de cada uno de los aditivos y agregados.



Ilustración 4. Sistema automatizado de operación

Elaboración propia en visita guiada a planta de concreto premezclado (2021).

Durante el proceso de mezclado, el polvo resultante es captado y depositado en tanques de sedimentación o filtros, evitando así que este sea liberado al ambiente contaminándolo.

En la actualidad, las plantas han perfeccionado sus procedimientos para la elaboración de mezclas de más alta calidad, y han mejorado su relación con el medio ambiente, al incorporar filtros y mecanismos que captan el polvo y otros contaminantes, impidiendo que estos contaminen el aire, el suelo y el agua.



Ilustración 5. Pilas de sedimentación

Elaboración propia en visita guiada a planta de concreto premezclado (2021)

Antes de despachar el producto, se procede con las distintas pruebas de calidad, respondiendo estas al producto en proceso o mezcla sin fraguar (Control sobre asentamiento, rendimiento volumétrico, tiempos de fraguado y contenido de aire) ya que también se realizan pruebas de calidad a la materia prima (arena, grava, cemento, agua, adiciones y aditivos) y al producto terminado (Ensayos de resistencia a la compresión, resistencia a la fricción, contracción y cambio longitudinal del concreto).



Ilustración 6. Pruebas de calidad

Elaboración propia en visita guiada a planta de concreto premezclado (2021)



Ilustración 7. Laboratorio de materiales

Elaboración propia en visita guiada a planta de concreto premezclado (2021)

El concreto es vertido en camiones auto mezcladores, conocidos en Costa Rica como “chompipas”, las cuales trasladan el producto al sitio de la construcción. Es importante resaltar que la duración del traslado no puede exceder de los 60 a 90 minutos, dependiendo lo anterior de los aditivos incorporados a la mezcla.



Ilustración 8. Planta de concreto premezclado

Elaboración propia en visita guiada a planta de concreto premezclado (2021)

### **2.3 Características del producto, transporte y aplicación**

Existen distintos tipos de concreto, los cuales responden a procesos de producción, las tecnologías empleadas y el tipo de cemento utilizado.

La tecnología seleccionada es un factor determinante, así lo indica Vitervo et al., (2010), cuando menciona que:

Al seleccionar una tecnología del concreto para realizar una construcción, es determinante que ésta, además de la resistencia, módulo elástico, estabilidad dimensional, etc. de la estructura de concreto, asegure su durabilidad como garantía de su vida útil. La durabilidad del concreto está íntimamente relacionada con su compacidad, su porosidad y su permeabilidad. De estas tres propiedades depende en gran medida la vida útil de una estructura de concreto armado. Por esta razón desde el proyecto de la obra y la selección de la tecnología del concreto para ejecutarlo, se debe dedicar gran atención a su dosificación, producción, transporte, colocación, vibrado, curado, así como a todas las demás atenciones, que son etapas del ciclo de vida de la obra, para garantizar las cualidades exigidas al concreto. (p.43)

Las características del concreto dependen de múltiples factores, como ya se ha mencionado anteriormente, Panca (2018) comenta que:

Al momento de fabricar el Concreto Premezclado, se debe contar con la seguridad de que se está realizando con las materias primas adecuadas y que cumplen con los requisitos definidos por las normas de calidad. Es por esto, que las materias primas, durante su permanencia en planta deben ser inspeccionadas, controladas y ensayadas periódicamente (p.77).

El concreto premezclado es la mezcla medida y controlada de agregados gruesos, agregados finos, cemento, agua y aditivos.

El cemento y el agua unen los agregados, normalmente arena y grava (triturada, piedra machucada y pedregón), creando una masa similar a una roca. Esto ocurre por el endurecimiento del cemento como consecuencia de la reacción química del cemento con el agua (PCA 2004).

### **Técnicas de mezclado de concreto**

El mezclado es un procedimiento fundamental en la elaboración del concreto, de lo cual depende gran parte de las características de calidad y los procesos de producción, en el cual se determinará gran parte de las características como resistencia, durabilidad y acabado.

Es por esto por lo que la utilización de los agregados y aditivos correctos, así como la técnica y tecnología utilizada para su mezcla y transporte son de suma importancia en los acabados y funcionalidad final.

Muciño y Lozada (2018) establecen la necesidad de estructurar parámetros en toda la cadena de producción para obtener resultados estandarizados de calidad.

Actualmente se usan mezclas diseñadas para cuyas especificaciones existen valores límite respecto a un rango de propiedades que deben cumplirse.

Estas son la relación máxima de agua/cemento, el contenido mínimo de cemento, la resistencia mínima, la manejabilidad mínima, el tamaño máximo del agregado y el contenido de aire dentro de los límites especificados. Para lograr características específicas de la mezcla se debe determinar la cantidad de los agregados por conocer, propiedades del concreto fresco, propiedades mecánicas del concreto endurecido y la inclusión, exclusión o límites de agregados específicos. (p.2)

Las características determinadas por los factores físicos y químicos que intervienen en el acabado del concreto dependen de múltiples factores, como lo es el mezclado, el cual puede variar según elementos como lo es la tecnología empleada, los métodos de transporte y los agregados utilizados.

Los procesos de diseños de mezclas consisten en establecer los parámetros técnicos requeridos que respondan a las necesidades de la obra, para esto se debe cumplir con una serie de pasos y selección de los componentes y procesos para obtener los resultados y calidad esperada. Huanca (2006) menciona lo siguiente:

El proporcionamiento de mezclas de concreto, más comúnmente llamado diseño de mezclas es un proceso que consiste en pasos dependientes entre sí:

- a) Selección de los ingredientes convenientes (cemento, agregados, agua y aditivos).
- b) Determinación de sus cantidades relativas “proporcionamiento” para producir un concreto, tan económico como sea posible.

Estas proporciones dependerán de cada ingrediente en particular los cuales a su vez dependen de la aplicación particular del concreto. También podrían ser considerados otros criterios, tales como minimizar la contracción y el asentamiento o ambientes químicos especiales.

Al realizar la elaboración de la mezcla se deben considerar cuatro variables que se consideran fundamentales a la hora de la preparación del concreto, las cuales son la relación entre el agua y el cemento, el contenido cemento respecto a los demás agregados; es decir, relación “Cemento-Agregado”.

Otro elemento es la distribución granulométrica de los agregados utilizados en la mezcla, ya sea agregados gruesos o agregados finos, y por último la consistencia del concreto en la presentación final antes de ser aplicado en obra.

Aragón (2006) en el Manual de Elaboración de Concreto en Obra establece que:

En general, todas estas variables están interrelacionadas y, por ende, no pueden escogerse o manipularse arbitrariamente. Lo común es especificar dos o tres de estos factores; los demás se ajustan para dar la mayor economía y “trabajabilidad” posibles (p.8).

En general las características de mezclado deben de establecer y garantizar la calidad del concreto, suministrando las cantidades idóneas de agregados, cemento, aditivos, agua y demás, con el objetivo de establecer procesos productivos conforme a las normas técnicas de cada una de las etapas.

Claramente un concreto apropiadamente diseñado debe permitir ser colocado y compactado apropiadamente con el equipamiento disponible. El acabado que permite el concreto debe ser el requerido y la segregación y sangrado deben ser minimizados.

Como regla general el concreto debe ser suministrado con la trabajabilidad mínima que permita una adecuada colocación. La cantidad de agua requerida por trabajabilidad dependerá principalmente de las características de los agregados en lugar de las características del cemento.

Cuando la trabajabilidad debe ser mejorada, el rediseño de la mezcla debe consistir en incrementar la cantidad de mortero en lugar de incrementar simplemente el agua y los finos (cemento). Debido a esto es esencial una cooperación entre el diseñador y el constructor para asegurar una buena mezcla de concreto. En algunos casos una menor mezcla económica podría ser la mejor solución. (Huanca, 2006, p.3)

**Agua:** Para cualquier actividad que el ser humano desarrolle y para asegurar su subsistencia se requieren recursos del ambiente, y uno de ellos es el agua, la cual es el factor biótico más importante de la tierra y uno de los más importantes constituyentes del medio en que vivimos. Aproximadamente, un 71% de la superficie terrestre está cubierta por agua en estado líquido, que se distribuye por cuencas saladas y dulces, formando los océanos, mares, lagos y lagunas (Hernández 2010).

En la elaboración del concreto se utiliza cualquier agua natural o potable, como agua de mezcla (mezclado y amasado) para la preparación de concreto. Sin embargo, también se

pueden utilizar otros tipos de aguas que no se consideran potables, pero deben establecerse criterios de aceptación para que el agua sea utilizada en el concreto, esto porque puede afectar el tiempo de fraguado, la resistencia del concreto, causar eflorescencias, manchas, corrosión del refuerzo, inestabilidad del volumen y reducción de la durabilidad (PCA 2004).

### **Transporte del concreto**

El concreto puede ser transportado por diferentes métodos y equipos, como un camión mixer, camión de caja fija, cucharones de maquinarias, bombas, tubo tremie, camión-pluma, entre otros.

Además, el método para elegir el transporte del concreto dependerá de las condiciones de la obra y que el costo no sea muy elevado (IMCYC, citado por Joyo y López, 2019).

### **Mezclado y transporte en camiones de tambor giratorio**

Según menciona Rivera, citado por Joyo y López (2019) el mezclado en camión de tambor giratorio (mixer) es un proceso en el cual los materiales debidamente dosificados en una planta dosificadora se transfieren a un camión mixer en donde se realiza la operación de mezclado.

El concreto es mezclado parcialmente en la planta y terminado en tránsito, esto se debe a que se realiza una mezcla de 15 a 30 segundos en la mezcladora y después se transfiere al mixer para que lo complete durante la trayectoria hacia su punto de descarga (p.25).

Excepcionalmente y en muy pocos casos se realiza una dosificación en seco y directamente se transfiere al mixer y cuando está cerca del punto de descarga se agrega el agua para empezar con la operación de mezclado.

Este método es aplicado cuando el punto de descarga se ubica lejos de la planta o existen demoras en la trayectoria.

Una característica importante en el método de transportar concreto a través de camiones mixer es la capacidad de volumen a transportar ya que solo es posible aprovechar un 65% del volumen total, debido a que con este porcentaje se realizará una óptima mezcla homogénea (Rivera, citado por Joyo y López, 2019, p.25).

**Colocación del concreto:** La colocación del concreto se efectúa con recipientes, tolvas, carretillas de mano o de motor, conductos o tubos de caída, bandas transportadoras, aire comprimido, bombeo, entre otros.

La selección del equipo debe de basarse en su capacidad para manejar eficientemente el concreto en las condiciones más ventajosas, de tal manera que pueda ser fácilmente consolidado en su lugar mediante el vibrado, además se debe controlar el tiempo de vibrado

para evitar problemas de separación del agregado grueso del concreto (Joyo y López, 2019, p.26).

### **Equipos de colocación**

**Bombas de concreto:** el sistema de colocación de concreto a través de bombas es empleado en casi todas las construcciones, además que son útiles en donde el espacio es reducido o el acceso para el equipo es difícil.

La industria actualmente ofrece múltiples tipos de bombas, cada una de ellas de acuerdo con las necesidades de cada caso. Las bombas se dividen en dos grupos: las bombas estacionarias y las autobombas.

**Las bombas estacionarias:** tienen la ventaja de poder realizar el vaciado en lugares donde el acceso y las condiciones del lugar no lo permiten. La ventaja se debe que desde el punto de estacionamiento de la bomba se empieza a realizar el bombeo a través del tendido de tuberías (Putmeizter, 2007, p.2).

La desventaja de contar con una bomba estacionaria es el tiempo de tendido de tuberías y posterior recojo y lavado de las tuberías.

**Las autobombas o bombas plumas:** tienen la ventaja de poder contar con las tuberías ensambladas y se pueden movilizar para abastecer en otro punto. La desventaja de este sistema es que el punto de abastecimiento es limitado debido a que solo cuenta con un número limitado de tuberías ensambladas.

### **Ventajas del concreto premezclado**

Para la elaboración del concreto en sitio, se procede ciertamente de una manera rudimentaria ya que el material de la mezcla no es pesado sino medido por paladas o recipientes con medidas establecidas, agregando el cemento por “saco” según las proporciones indicadas para lograr la resistencia deseada, por ejemplo para hacer un concreto  $f'c = 210 \text{kg/cm}^2$  se utilizan tantos sacos de cemento, tantas paladas o carretillos de arena y tantos de piedra, el agua a discreción del maestro de obras u operario, sea este mezclado a pala o en batidora de concreto, produciendo así una mezcla que no va a tener las mismas cualidades y calidad de una mezcla de concreto fabricado en una planta automatizada, donde cada componente es pesado, respetando el diseño de mezcla y asegurando así la uniformidad y las propiedades estipuladas en dicho diseño.

Adicionalmente, estos concretos premezclados son elaborados con aditivos que aseguran y facilitan su colocación, trabajabilidad y fraguado, a diferencia del concreto elaborado en obra, que, si generalmente se empieza a endurecer, los operarios acuden a agregarle más agua, cambiando la relación agua cemento, por lo tanto, afectando así su resistencia.

Al evitarse estos inconvenientes y al conocer el material, sus características y propiedades, podemos lograr la máxima eficiencia de las estructuras de concreto que se van a fabricar.

Un detalle importante, es que al utilizar concreto premezclado, se evita el costo de la compra, transporte y almacenamiento de las materias primas, así como los gastos generados por mano de obra para la elaboración de este y los desperdicios de material.

También se pueden ver las ventajas en tiempo, calidad, costo y colocación del concreto cuando es premezclado y su demanda en sitio es muy elevada.

### **Desventajas del concreto premezclado**

Las desventajas se presentan cuando el concreto premezclado es rechazado en la obra, debido a factores de características de este, tiempo devengado para la entrega, entre otras. También si en el trayecto, el camión sufre un desperfecto mecánico, o se ve implicado en un accidente de tránsito, congestión vehicular, calles cerradas, bloqueos, etc. Ya que este concreto al iniciar su proceso de curado, se convierte en desperdicio.

El costo de producción y colocación del metro cuadrado es elevado, por lo que se hace rentable solo para proyectos que superan el metraje necesario que refleje un beneficio y rentabilidad en su aplicación.

La instalación e implementación de estas plantas, requiere gran cantidad de permisos y trámites de ubicación y diseño que devengan tiempo y recursos por lo que se encarecen significativamente estos procesos.

Por último, los problemas ambientales asociados con la producción del concreto premezclado, como la generación de polvo, ruido, desechos sólidos y líquidos, contaminación del agua y las molestias o posibles peligros que supone el tránsito de maquinarias pesadas en las cercanías de centros de población, es otro aspecto por considerar para su ubicación.

### **Elaboración del concreto y el impacto ambiental**

La Guía para la Tecnología Cementera 2009: Reducciones de emisiones de carbono hasta el 2050 de la International Energy Agency (2009) menciona que:

El cemento es el “pegante” esencial del concreto, un material de construcción fundamental para la infraestructura de la sociedad en todo el mundo. El concreto es superado sólo por el agua en cuanto a volúmenes totales consumidos anualmente por la sociedad. Pero la producción de cemento también coproduce CO<sub>2</sub>, haciendo que la industria del cemento produzca aproximadamente el 5% de las emisiones de CO<sub>2</sub> antropogénicas. Con el incremento de las medidas de adaptación y mitigación al cambio climático, se espera que la demanda de cemento aumente aún más. En los países en desarrollo, en particular, se prevé que, la producción de cemento crezca a medida que la modernización y el crecimiento continúan. En 2006, la producción mundial fue de 2,55 millones de toneladas (USGS, 2008). Para la hoja de ruta se utilizó un escenario de

crecimiento de demanda bajo, con una producción en 3.69 billones de toneladas en 2050.  
(p.5)

La producción de concreto involucra, como se mencionó anteriormente, una serie de procesos industriales y de extracción que tienen un gran impacto ambiental debido a su amplio espectro para su producción. Comenzando por la extracción de materias primas desde los depósitos calcáreos, el transporte hacia los sistemas de trituración y preparación del cemento; el cual conlleva una compleja dinámica para su producción. La preparación del concreto premezclado presenta, además, múltiples fases que añaden etapas de producción y por ende de generación de CO<sub>2</sub>. Es imperativo establecer relaciones entre dichos procesos y el impacto que tienen, con el objetivo de buscar soluciones integrales que reduzcan y brinden una alternativa más amigable con el medio ambiente.

Los factores ambientales ligados a la producción de cementos y procesamiento de concretos premezclados presenta un inevitable impacto sobre los ecosistemas, el medio ambiente y el espacio geográfico que los rodea.

Asociado a la fabricación, se hace referencia al abundante uso de agua, a la generación periódica de ruido y de residuos, así como a molestias a la comunidad, lo cual según Palacio (2019) “debido al permanente flujo de vehículos que ingresarán y saldrían de la planta”; sin embargo, este impacto es menor en relación con el provocado por el transporte de materias primas por separado, hasta las obras de construcción” (p. 56).

Las distintas etapas que conlleva la preparación del concreto generan múltiples contaminantes, en el caso específico de la etapa de premezclado Palacio (2019) establece que “corresponde al uso del concreto premezclado, es responsabilidad de los proyectos o de las obras a las cuales es suministrado, implementar programas de manejo ambiental que garanticen la protección de los recursos naturales” (p.60).

Afectación de la calidad de las aguas como consecuencia del proceso de lavado y mantenimiento de las diversas obras.

Manejo inadecuado de desechos sólidos en obras de remodelación.

Obstrucción de sistemas de alcantarillado por el derrame de concreto sobre sumideros o alcantarillados de aguas de lluvias.

Manejo inadecuado de desechos sólidos en obras de remodelación, generado como residuo de construcción y demolición (RCD) (p.61).

Además de los residuos y gases generados propiamente por la producción del concreto premezclado, las etapas de preparación del terreno o espacio donde va a ser instalada la planta, se generan una serie de efectos en el medio ambiente, algunas recomendaciones dadas por Palacios (2019) que se deberán llevar a cabo como programas de mantenimiento preventivo y correctivo de las unidades vehiculares que se utilizarán para la preparación del sitio. Los camiones de carga de material suelto se deberán cubrir con lonas, para evitar la emisión de polvos y arenas (p.60).

Durante la etapa de operación se deben mantener altos estándares de calidad y manejo de residuos, los cuales garanticen de manera óptima el manejo de los distintos residuos y gases generados por el proceso propio de la planta de concreto premezclado, Palacios (2019) menciona que “los residuos sólidos y líquidos, peligrosos o no peligrosos, deberán ser perfectamente identificados y temporalmente almacenados, hasta hacer uso y disposición de estos, de acuerdo con un sistema de gestión integral de residuos para la planta, o deberán ser manejados en un plan de manejo específico” (p.61). Además, se deben tener protocolos de almacenaje y tratamiento de residuos que sean generados por la planta, los cuales “deberán ser tratados previamente, a través de tanques de sedimentación enviados al sistema general de manejo de vertimientos de la cantera, cuyas condiciones de tratamiento deberán cumplir con la normatividad ambiental en materia de vertimientos” (Palacios, 2019, p. 61).

### **Combustibles empleados y otras formas de energía**

Los combustibles empleados por las plantas de concreto premezclado potenciadas por combustibles derivados del petróleo son:

#### **Diesel 50**

El Diesel es una mezcla de hidrocarburos líquidos que se obtiene mediante destilación atmosférica fraccionada del petróleo, a una temperatura entre 250 °C y 350 °C y que se utiliza en los motores de combustión interna de ignición por compresión.

Es mayormente usado para flotillas de transporte público, transporte de carga, vehículos particulares y procesos productivos industriales.

### **Gas Licuado de Petróleo (GLP)**

El GLP o LPG (por sus siglas en inglés) es una mezcla de hidrocarburos gaseosos provenientes de la refinación del petróleo.

Sus principales usos son en hogares, restaurantes, hotelería, producción industrial, producción energética y transporte.

### **Bunker C (Fuel Oil N°6)**

El Bunker es un combustible residual de la destilación y craqueo del petróleo que está formado por hidrocarburos de cadena larga, tales como alcanos, ciclo alcanos y algunos compuestos aromáticos lo cual permite obtener de aceites, lubricantes, asfaltos y otros subproductos mediante procesos de refinación.

Su poder calórico es usado en generación de vapor de procesos industriales (calderas), hornos de fundición, plantas de generación eléctrica y motores marinos.

### **Gasóleo (Diésel Pesado)**

El Gasóleo es un combustible con características intermedias entre el Diésel y el Bunker C, presenta menor viscosidad y densidad que el Bunker, por lo que suele usarse como sustituto.

Es usado en calderas, secadores y hornos industriales.

### **Emisión de gases contaminantes**

Estos gases son los resultantes del proceso de combustión, los de mayor relevancia son el monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), hidrocarburos no quemados (HC), nitrógeno, agua y dependiendo de las condiciones, óxidos de nitrógeno.

El monóxido de carbono (CO), es resultante del proceso de combustión, siempre que esta sea incompleta, es tóxico, y altos contenidos de CO indican una mezcla rica o incompleta.

También el CO<sub>2</sub>, dióxido de carbono, es resultante del proceso de combustión, no es tóxico en bajas concentraciones.

Los hidrocarburos no quemados se miden en partes por millón, al ser la concentración de estos gases de escape, muy pequeña, es decir, 1% = 10000ppm, el valor normal está comprendido entre 100ppm y 400ppm. Comprendiendo ppm como partículas por millón.

### **Energías renovables**

Se consideran como energías renovables todas aquellas que se adquieren a partir de fuentes naturales sin que el recurso sea agotable, ya sea por lo estable de la fuente o por la

capacidad para regenerar el insumo de la generación de energía principalmente de manera natural.

Algunas de las energías renovables que tenemos son la eólica, geotérmica, hidroeléctrica, solar mareomotriz, la biomasa y los biocombustibles.

Una de las principales y más interesantes características que tienen este tipo de energías es que durante el proceso de obtención y/o generación no se agotan los recursos de la fuente de la cual se extrae la energía.

El uso de distintas energías para alimentar las plantas de concreto premezclado se ha popularizado en los últimos años; lo cual responde a mejores tecnologías más eficientes y con beneficios económicos y ambientales de gran relevancia. Strauss (2017) establece que “Ante los nuevos retos en materia de energías limpias los paneles solares fotovoltaicos se han convertido en una opción favorable y se han posicionado estratégicamente en el panorama del futuro de la energía para uso residencial e industrial”, donde las tecnologías de energía renovable a gran escala o a nivel industrial se posicionan como una alternativa real para minimizar costos e impactos ambientales.

La energía fotovoltaica ha venido ganando terreno en los últimos años, como reflejo del avance en las tecnologías y lo económico que resulta la producción de este tipo de energía, aunado de la reducción significativa de gases contaminantes de CO<sub>2</sub> u otros, producidos por la energía generada por combustibles fósiles o los altos costos de la energía eléctrica brindada y distribuida por las distintas instituciones del país. Strauss (2017) menciona que:

La energía solar fotovoltaica es aquella que se obtiene por medio de la transformación directa de la energía del sol en energía eléctrica. Dicha transformación se realiza a través del uso de módulos y células solares fotovoltaicas conectados entre sí en circuitos serie que permiten el aprovechamiento de la conversión de energía solar en corriente eléctrica. El Efecto Fotovoltaico permite que en un material con exposición a la luz o en general a la luz solar se pueda generar un voltaje o corriente eléctrica. El Efecto Fotovoltaico se produce en materiales con propiedades físico químicas especiales, como lo son los materiales semiconductores. (p.8)

### **Formas de reciclar los residuos del concreto**

El agregado de concreto reciclado (ACR) varía según el tipo de estructura de la cual provenga, debido a que en algunos casos va asociado a un refuerzo embebido o a materiales como plásticos, vidrio, madera, etc. La obtención de este tipo de agregado generalmente sigue los siguientes pasos:

**Separación de los contaminantes:** este paso es fundamental cuando el agregado resultante va a formar parte de las nuevas mezclas de concreto o se va a utilizar en rellenos y carreteras.

Los contaminantes pueden ser algunos de los descritos en el párrafo anterior o también como asfalto, ladrillos, selladores de juntas, es decir, todo aquello diferente al concreto.

**Ruptura y transporte:** el transporte de este material debe hacerse en vehículos apropiados de carga por lo que es necesario que el concreto se fracture en fragmentos manejables y de esta forma desplazarlos hasta el sitio de trituración. En algunos casos es posible la utilización de plantas móviles de trituración lo que permitiría un ahorro importante.

**Trituración de fragmentos:** el tamaño de los agregados requeridos puede variar según la maquinaria utilizada. El procedimiento generalmente inicia con una trituradora primaria que reduce los fragmentos provenientes de los vehículos de carga para pasarlos a un material con diámetro entre 8 y 10 centímetros, seguido de una trituradora secundaria que reduce ese remanente al tamaño máximo del agregado que se busca.

Las trituradoras utilizadas pueden ser tipo cono, de mandíbula o de impacto, principalmente.

## **2.5 Normativa técnica**

Comprende todo el marco regulatorio vigente en Costa Rica que establece requisitos a cumplir según el tipo de proyecto, su ubicación e impacto, por lo que las diferentes instituciones del estado en el marco de sus competencias como por ejemplo Ministerio de Salud, Bomberos, Ministerio de Ambiente y Energía y Municipalidades, establecen una serie de leyes y reglamentos que deben ser considerados para obtener los permisos respectivos tanto para la construcción como para el funcionamiento.

En el caso de las plantas de concreto premezclado se clasifican como uso industrial y por consiguiente la regulación se torna más estricta, por lo que se tienen zonas preestablecidas a nivel nacional para la ubicación de este tipo de proyectos con el propósito de mitigar el impacto que se pueda generar al ambiente y a las poblaciones cercanas.

### **Constitución Política**

La Constitución Política de Costa Rica establece en el artículo 50 “Toda persona tiene derecho a un ambiente sano y ecológicamente equilibrado” (Constitución Política de la República de Costa Rica, Artículo 50).

### **Ley de Planificación Urbana**

Se establece como definición en esta normativa que: “la Planificación Urbana es el proceso continuo e integral de análisis y formulación de planes y reglamentos sobre desarrollo urbano, tendiente a procurar la seguridad, salud, comodidad y bienestar de la comunidad”.

Además, se establece como Plan Regulador: “Es el instrumento de planificación local que define en un conjunto de planos, mapas, reglamentos y cualquier otro documento, gráfico o suplemento, la política de desarrollo y los planes para distribución de la población, uso de la tierra, vías de circulación, servicios públicos, facilidades comunales y construcción, conservación y rehabilitación de áreas urbanas” (Ley 4240, Artículo 1).

## **Plan Nacional de Desarrollo Urbano Gran Área Metropolitana**

Este Plan con un alcance regional funciona como punto de partida y referencia para los Planes Reguladores locales, se establece en este documento lineamientos para la articulación de los diferentes usos como la industria, la zona agrícola, zonas de protección ambiental, así como el transporte, las redes e infraestructura, entre otros.

### **Zonas Industriales**

El Plan GAM 2013 establece para las zonas industriales “La existencia de una sobre oferta de suelo para uso industrial en el actual contexto significa, sin embargo, una oportunidad para el ordenamiento de la localización del sector productivo del GAM en mejores condiciones estratégicas tanto para la ciudad como para las empresas mismas. Esta reserva de suelo para uso industrial es evaluada de acuerdo con criterios como: índices de fragilidad ambiental, restricciones legales, planes reguladores existentes, su posición estratégica en el territorio y su aprovisionamiento de infraestructura adecuada. (Competitividad, Plan GAM 2013)

### **2.5.1 Uso industrial y normativa regional Gran Área Metropolitana**

#### **Áreas Industriales Consolidadas**

Aquellas desarrolladas con un carácter marcadamente industrial, con límites bastante definidos actualmente (Calle Blancos, La Uruca, Cementerio, Pavas Este y Pavas Oeste).

Colima, San Francisco de Dos Ríos, Curridabat, Ipís, Pitahaya - San Joaquín de Flores, La Valencia, La Ribera y Ochoмого. (Artículo 1, Reglamento de Zonificación Parcial de Áreas Industriales GAM).

### **Áreas Industriales en proceso de desarrollo**

Las que actualmente se encuentran en desarrollo, con suficiente terreno para futura expansión y consolidación del uso industrial: Colima, San Francisco de Dos Ríos, Curridabat, Ipís, Pitahaya - San Joaquín de Flores, La Valencia, La Ribera y Ochoмого. (Artículo 1, Reglamento de Zonificación Parcial de Áreas Industriales GAM).

### **Áreas industriales nuevas**

Son aquellas que poseen ventajas para la localización industrial masiva, tales como: su posición con respecto a otros usos urbanos, gran cantidad de terrenos sin desarrollar, pendientes adecuadas, buena infraestructura o con posibilidades de obtenerla a corto plazo: Turrúcares - Ciruelas, Valle de Coris, San Rafael de Ojo de Agua, Montecillos, Paraíso, Santa Ana, Norte de Pozos de Santa Ana, Ciudad Colón y Guachipelín” (Artículo 1, Reglamento de Zonificación Parcial de Áreas Industriales GAM).

## **Establecimiento Industrial**

Se entenderá como establecimiento industrial todo lugar, descubierto o cubierto, destinado a la elaboración, manipulación, reparación, transformación o utilización de productos naturales o artificiales, mediante tratamiento físico, químico o biológico, manualmente o por medio de máquinas o instrumentos.

Quedan incluidos en esta categoría, los sitios destinados a recibir o almacenar artefactos, instrumentos o utensilios, materiales y materias primas que se emplean en las tareas o faenas y todos los anexos y dependencias de la fábrica o taller. (Reglamento sobre Higiene Industrial, Artículo 1).

## **Clasificación Industrias**

Los establecimientos industriales se clasifican en: inofensivos, incómodos, insalubres y peligrosos. La localización de los establecimientos industriales deberá ajustarse a lo establecido en los planes reguladores o planos de zonificación. En ausencia de un régimen de zonificación vigente, corresponderá al Ministerio resolver sobre el sitio en que pueden instalarse. La localización de los establecimientos industriales deberá ajustarse a lo establecido en los planes reguladores o planos de zonificación. En ausencia de un régimen de zonificación vigente, corresponderá al Ministerio resolver sobre el sitio en que pueden instalarse. (Reglamento sobre Higiene Industrial, Artículo 1)

### **2.5.2 Normativa aplicable requerimientos establecidos a cumplir**

El tipo de proyecto determinará los requisitos a cumplir para cada una de las instituciones que están involucradas para otorgar el visto bueno a los diferentes proyectos y para este caso en específico a los proyectos industriales.

Por lo que, se establecen requisitos en cuanto a la disponibilidad de agua potable y el manejo de aguas residuales, la seguridad del proyecto, así como de sus ocupantes, el manejo adecuado de sustancias como lo son los combustibles y la protección del ambiente, para lo cual se deberán revisar variables como inundaciones, tipo de suelo, hidrología, entre otras.

### **Certificado de uso de suelo**

Para el diseño y construcción de una edificación, se debe obtener un certificado municipal que acredite la conformidad de uso del suelo, según las disposiciones y restricciones contenidas en el plan regulador vigente.

Todo certificado de uso de suelo debe señalar como mínimo el uso, retiros, cobertura, densidad, altura, frente y área mínima. Además, la municipalidad que lo emita debe indicar en el documento el período de vigencia (Reglamento de Construcciones, Artículo 102).

### **Servicio de agua potable y disposición de aguas residuales**

Todo establecimiento industrial y de almacenamiento debe tener servicio de agua potable permanente y con una presión mínima de 1 kg/cm<sup>2</sup> en los puntos de uso.

El agua para uso industrial debe ser potable cuando la naturaleza de la industria lo requiera; cuando no lo sea, debe distribuirse por una tubería independiente, pintando cada sistema con colores, de acuerdo con la Norma Oficial para la Utilización de Colores en Seguridad y su Simbología, Decreto Ejecutivo N°12715-MEIC, y sus reformas o normativa que la sustituya (Reglamento de Construcciones, Artículo 102).

Las aguas residuales deben de ser tratadas según con lo dispuesto en el Reglamento de Aprobación de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales, Decreto Ejecutivo N°39887-S-MINAE y el Reglamento de Vertido y Reúso de Aguas Residuales N°33601-MINAE-S, y sus reformas o normativa que lo sustituya. Posteriormente pueden ser dispuestas en un alcantarillado sanitario. No se permite, en ninguna circunstancia, dar curso libre a las aguas residuales de desecho industrial. (Reglamento de Construcciones, Artículo 206)

### **Seguridad humana y protección contra incendios**

En los establecimientos industriales y de almacenamiento, se debe garantizar el cumplimiento de las medidas de seguridad humana y protección contra incendios indicadas por el Cuerpo de Bomberos. (Reglamento de Construcciones, Artículo 207)

### **Control de contaminación de ruido para industria**

En las industrias que produzcan ruidos molestos, se debe diseñar el confinamiento de la zona de máquinas, de manera que cumpla con las disposiciones establecidas en el Reglamento para el Control de Contaminación por Ruido, Decreto Ejecutivo N°28718-S, y sus reformas o normativa que lo sustituya. (Reglamento de Construcciones, Artículo 198).

### **Protección contra polvo**

En los establecimientos industriales y de almacenamiento que produzcan polvo, el aire debe salir por chimeneas que tengan por lo menos 5,00m de elevación sobre la edificación más alta en un radio de 10,00m, con filtros o precipitaderos que garanticen que el aire no contiene más de 300 millones de partículas por metro cúbico, ni más de 40% de sílice. (Reglamento de Construcciones, Artículo 202)

### **Drenaje pluvial**

Las aguas pluviales de cualquier tipo de edificación deben ser conducidas a sistemas de alcantarillado pluvial, a cursos de aguas naturales permanentes o ser reutilizadas en usos cuya calidad no sea para consumo humano. Se prohíbe descargar las aguas pluviales al sistema de drenaje sanitario. (Reglamento de Construcciones, Artículo 121)

### **Postes y acometidas eléctricas**

La colocación de postes para el tendido de cables conductores debe respetar una distancia de 0,25 m entre la línea de cordón y la cara exterior de éstos. La acometida, que es la conexión del servicio entre las empresas y cada edificación, debe cumplir con el CECR y la Norma Técnica Regulatoria AR-NT-SUINAC “Supervisión de la instalación y equipamiento de acometidas eléctricas” y sus reformas o la normativa vigente que los sustituya. Lo anterior en lo referente a las distancias del inmueble, el tipo de tubo a usar, la protección y demás características correspondientes a acometidas aéreas o subterráneas. (Reglamento de Construcciones, Artículo 122).

### **Permiso de construcción**

Sin perjuicio de la excepción para edificaciones públicos, establecida en la Ley de Construcciones, Ley N°833 y sus reformas o la normativa que la sustituya, el permiso o licencia de construcción de cualquier tipo de obra, debe ser tramitado por un profesional responsable, de acuerdo con los lineamientos establecidos en el presente Reglamento, y las regulaciones municipales vigentes. La municipalidad establece la vigencia de dicho permiso o licencia. (Reglamento de Construcciones, Artículo 06)

### **2.5.3 Normativa ambiental aplicable al proyecto**

#### **Evaluación de impacto ambiental**

Toda edificación que así lo requiera, debe cumplir con el Reglamento General sobre los Procedimientos de Evaluación de Impacto Ambiental, Decreto Ejecutivo N°31849-MINAE-S-MOPT-MAG-MEIC, y sus reformas o normativa que lo sustituya. (Reglamento de Construcciones, Artículo 94)

#### **Combustibles**

##### **Almacenamiento**

Toda edificación destinada a estaciones de servicio y al almacenamiento de combustibles, debe acatar las medidas establecidas en el Reglamento para la Regulación del Sistema de Almacenamiento y Comercialización de Hidrocarburos, Decreto Ejecutivo N°30131-MINAE-S y sus reformas o normativa que lo sustituya. (Reglamento de Construcciones, Artículo 382)

## **CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO**

### **3.1.1 Técnica empleada para responder al primer objetivo específico**

Para definir las características específicas y generales de las distintas tecnologías empleadas en la construcción e instalación de plantas de concreto premezclado, se recopiló información de las fichas técnicas de las plantas de concreto disponibles digitalmente, y de las empresas que distribuyen este tipo de maquinaria.

Se procedió a la investigación de los diferentes tipos de plantas de concreto, se realizó un análisis de las características de cada uno de los tipos de plantas estudiados, entre estos, fueron puntos determinantes el impacto ambiental, las relaciones funcionales en el proceso constructivo, la maquinaria a utilizar y los materiales e insumos para el funcionamiento de estas.

El abordaje para la clasificación del tipo de las plantas de concreto se estableció en tres ejes fundamentales:

1. Características técnicas-ambientales
2. Características económicas
3. Características sociales

Con estos tres ejes definidos se determinaron las variables de cada uno de estos ejes, para un mejor entendimiento y análisis de las plantas, para definir ventajas y desventajas,

conveniencia del tipo según las necesidades de los proyectos y clientes que se proyectan y de los posibles sitios a ubicar.

### **3.1.2 Sujetos y fuentes de información**

#### **Visitas guiadas:**

Planta de concreto de la empresa AMCO, abril 2019, Heredia

Planta de concreto de la empresa GRUPO OROSI, 2020, Cartago

Planta de concreto de la empresa AGRECON, septiembre 2021, Heredia

#### **Documentación:**

Información técnica de las plantas de concreto de la empresa Euro-materiales.

Información técnica de plantas de concreto de la empresa Resansil

Información técnica de la empresa Grupo Fayat.

### **3.2.1 Técnica empleada para responder al segundo objetivo específico**

Para analizar los aspectos técnicos, legales y ambientales que permitan conocer y medir la factibilidad en el proceso de construcción de una planta de concreto premezclado en Costa Rica, se procedió a revisar y a analizar el marco legal establecido en el país para este tipo de proyectos. Se realizó una investigación en cada una de las instituciones involucradas para definir la normativa específica establecida.

Para un mejor entendimiento y clasificación en las diferentes etapas del proceso de una planta de concreto se establecieron tres grupos:

- 1.Requisitos para ubicación
- 2.Requisitos de diseño
- 3.Requisitos de funcionamiento.

Con el propósito de contar con la información específica del proyecto industrial analizado, se procedió a revisar la legislación vigente en las páginas web de cada una de las instituciones, en cuanto a leyes, reglamentos y decretos establecidos.

### **3.2.2 Sujetos y fuentes de información**

#### **Documentación:**

Normativa:

Reglamento de construcción del INVU.

Reglamento de Higiene Industrial del Ministerio de Salud

Reglamento de Zonificación parcial de Áreas Industriales en La Gran Área Metropolitana del INVU.

Plan Gran Área Metropolitana 2013

Manual de especificaciones generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes CR-2010 del MOPT.

Reglamento de Contaminación por Ruido, Decreto No. 28718-S del Ministerio de Salud.

Reglamento sobre Emisión de Contaminantes Atmosféricos Provenientes de Calderas y Hornos de Tipo Indirecto No 36551-S-MINAET-MTSS.

Reglamento Aprobación Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales No 39887-S-MINAE.

Reglamento a la Ley No 8228 del Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica No 34768-MP.

Reglamento del Sistema de Almacenamiento y Comercialización de hidrocarburos,  
Decreto Ejecutivo 30131-MINAE-S.

Reglamento para el Diseño, Construcción y Operación de Plantas de Almacenamiento y  
Envasado para GLP, No MINAE-S-28622.

Reglamento General de Procedimientos de Evaluación de Impacto Ambiental Decreto  
Ejecutivo No 31849-MINAE-S-MOPT-MAG-MEIC.

### **3.3.1 Técnica empleada para responder al tercer objetivo específico**

Para proponer según los aspectos técnicos, ambientales y contextuales, el marco de referencia con los elementos que garanticen la factibilidad técnica en la ubicación e implementación de una planta de concreto premezclado en Costa Rica, se procedió a la investigación de la ubicación de las áreas industriales, en específico el Gran Área Metropolitana en donde la planificación urbana tiene definidas áreas industriales consolidadas, áreas en desarrollo y áreas propuestas. Cada una de estas se analizó y se descartaron según las características evaluadas, como provincia donde se ubican, vías de acceso, empresas establecidas, abastecimiento de materias primas, aspectos ambientales y sociales, dado que el tipo de industria se clasifica como peligrosa por las molestias que pueden generar al entorno como ruido, polvo, circulación de transporte pesado y otros.

La información técnica fue recopilada mediante material encontrado en sitios web de diferentes empresas pioneras en el campo del concreto, artículos digitales referidos al tema y trabajos de investigación realizados por diferentes profesionales, además de las regulaciones establecidas por el Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos en materia de Planificación Urbana. También fue tomado en cuenta los procesos que conllevan las plantas de concreto para el buen desempeño de estas, los factores internos y externos y su nivel de importancia en el proceso.

Asimismo, se realizaron entrevistas a profesionales y personal técnico con experiencia en el tema en el ámbito costarricense, quienes transmitieron el conocimiento y experiencias

aprendidas para un adecuado funcionamiento de las plantas de concreto, además de los factores que deben ser considerados para que el producto sea el esperado para los clientes.

### **3.1.2 Sujetos y fuentes de información.**

#### **Entrevistas:**

Ing. Ignacio Brenes Ortiz, Ingeniero empresa RODATEC, setiembre 2021, Cartago

Sr. Adolfo José Balladares, Encargado planta EUROCONCRETOS de CR, setiembre 2021, San José

Ing. Carlos Valverde, profesional de la empresa CEMEX CR. octubre 2021, Alajuela

Ing. Alberto Castillo, profesional en la empresa ACL, noviembre 2021, San José

#### **Documentación:**

Reglamento de Zonificación parcial de Áreas Industriales en La Gran Área Metropolitana del INVU.

Plan Gran Área Metropolitana 2013

Reglamento General de Procedimientos de Evaluación de Impacto Ambiental Decreto Ejecutivo No 31849-MINAE-S-MOPT-MAG-MEIC.

## **CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS**

### **4.1 Planteamiento del análisis de factibilidad técnica**

#### **4.1.1 Información inicial**

Para la elaboración del concreto premezclado se requiere el uso de equipo industrial especializado y el sitio idóneo para su ubicación y funcionamiento, esto dentro del cumplimiento del marco regulatorio vigente en el país y en armonía con su entorno.

Por lo tanto, el proyecto resulta ser la sumatoria de las áreas antes mencionadas y su factibilidad técnica responde a la viabilidad de estas. Es por ello por lo que para su respectivo análisis estas se sintetizan en tres grupos los cuáles son: “La tecnología de producción”, en el cual se contempla el equipo y sus procesos, “Los aspectos normativos” los cuales son las normas regulatorias que le son aplicables a la implementación y funcionamiento de las plantas de concreto premezclado, constituyendo de esta forma el segundo grupo y por último “Los aspectos técnicos” en los cuales se relaciona la ubicación con el radio de acción, sus necesidades y su entorno, estableciendo así el tercer grupo.

#### 4.1.2 Ejes primarios del análisis

Para dar inicio con el proceso de análisis se establecen las áreas mencionadas como los ejes primarios del proceso, en ellos se identifican las necesidades del proyecto y sus respectivos requerimientos generales.

Estos representan las subáreas de cada eje, tabulando los datos según su eje primario, como se detalla en la siguiente tabla a continuación:

| <b>Ejes primarios del análisis</b> |  |
|------------------------------------|--|
| <b>Tecnología de producción</b>    |  |
| <b>Requerimientos</b>              |  |
| Económicos                         |  |
| Ambientales                        |  |
| Sociales                           |  |
|                                    |  |
| <b>Aspectos normativos</b>         |  |
| <b>Requerimientos</b>              |  |
| Requisitos para la ubicación       |  |
| Requisitos para el diseño          |  |
| Requisitos para el funcionamiento  |  |
|                                    |  |
| <b>Aspectos técnicos</b>           |  |
| <b>Requerimientos</b>              |  |
| Ubicación                          |  |
| Radio de acción                    |  |
| Entorno social                     |  |
|                                    |  |

Tabla 1. Ejes primarios del análisis

Elaboración propia (2022).

## **4.2 Tecnología de producción**

### **4.2.1 Equipo industrial (Planta de concreto premezclado)**

Para la producción del concreto premezclado, el equipo industrial encargado de dicho proceso constituye el punto medular del proceso, por tanto, su elección es de gran importancia para determinar la factibilidad del proyecto en análisis.

Del equipo seleccionado dependen aspectos de logística, producción, obras complementarias, entre otras; es por lo que la formulación de criterios para evaluar las plantas se hace necesario.

Dichos criterios deben responder a los aspectos relacionados con su funcionalidad, con los aspectos normativos y regulatorios que le sean aplicables y adicionalmente con su entorno, es por tal razón que estos aspectos, para su adecuado análisis, son encasillados en tres grupos, los cuales responden a su fin primario, estos son los criterios económicos, los criterios ambientales y los criterios sociales.

### **4.2.2 Criterios económicos**

Para la selección de la planta se deben tomar en cuenta factores como el tipo de planta que se requiere, la capacidad de producción, las obras o equipos complementarios que estas requieran, además del costo de compra, de instalación, entre otros.

Para la evaluación de este grupo de criterios, estos se dividen en tres subáreas:

#### **4.2.2.1 Componentes**

Según la necesidad de la empresa, esta puede requerir de un tipo de planta específico, por lo tanto, se debe definir el equipo.

El primer punto consiste en determinar si la planta que se requiere puede ser móvil o estacionaria. Debe considerarse de acuerdo con los requerimientos de la empresa y las prestaciones ofrecidas por cada tipo de planta.

Una vez seleccionado el tipo de planta, se debe verificar los equipos u obras complementarias que esta requiera, por ejemplo, si esta precisa de piletas de sedimentación, o si funciona con combustibles derivados del petróleo, las instalaciones de contención que estas necesiten.

Por último, se debe tomar en cuenta las dimensiones de esta y el área mínima necesaria para su funcionamiento, aspecto de relevancia para la selección del terreno.

#### **4.2.2.2 Producción**

Para este punto se considera la capacidad que la planta ofrece, esta es medida por metro cúbico producido de mezcla por hora ( $m^3/h$ ).

El segundo punto considera el costo del consumo energético, sea este eléctrico, el cual se mide en kilovatio por hora (kW/h) consumido, o si esta se abastece de combustibles derivados del petróleo, el cual es medido en kilogramo por hora (kg/h) consumido.

El último punto del criterio mide el costo por metro cúbico (m<sup>3</sup>) que la planta demanda para realizarlo en función del consumo energético de la misma.

#### **4.2.2.3 Costo**

En el primer punto se realiza la sumatoria de los costos de adquisición, en esta se considera el precio de compra, el costo de la importación, costos de traslados y el importe de los impuestos.

En el segundo punto, se realiza la sumatoria de los costos de instalación, los cuales incluyen la instalación del equipo, el costo de las obras complementarias requeridas, gastos de personal como planillas, seguros, servicios profesionales, viáticos, estudios del terreno y los costos asociados a la elaboración de planos y la obtención de permisos.

El tercer punto, considera el costo que el equipo devengue para su respectivo mantenimiento, este se considera en costo por año.

Quedando establecidos los criterios económicos según el detalle mostrado en la siguiente tabla:

| <b>Requerimientos económicos</b>           |  |
|--|--|
| <b>Componentes</b>                         |  |
| <b>Puntos</b>                              |  |
| Selección de tipo de planta                |  |
| Obras complementarias y equipos requeridos |  |
| Dimensiones y área mínima necesaria        |  |
| <b>Producción</b>                          |  |
| <b>Puntos</b>                              |  |
| Capacidad de producción                    |  |
| Consumo requerido                          |  |
| Costo de producción                        |  |
| <b>Costo</b>                               |  |
| <b>Puntos</b>                              |  |
| Costa de adquisición                       |  |
| Costo de instalación                       |  |
| Costo de mantenimiento                     |  |

Tabla 2. Requerimientos económicos

Elaboración propia (2022).

#### 4.2.3 Criterios ambientales

El integrar tecnologías que incluyan intrínsecamente la variable ambiental en su funcionamiento, permite poner en marcha prácticas saludables y amigables con el medio ambiente, adicionalmente de aligerar significativamente los esfuerzos para cumplir con los parámetros ambientales regulatorios para la obtención de los permisos de ubicación y funcionamiento.

Por tal motivo, el criterio ambiental es incluido en el análisis para la selección del equipo.

Las subáreas del grupo de requerimientos ambientales son: el tratamiento de polvos, el tipo de alimentación y la contaminación sónica.

#### **4.2.3.1 Tratamiento de polvos**

El manejo de las partículas suspendidas en el aire es captado y tratado de formas distintas, siendo estas las pilas de sedimentación o los filtros,

Las pilas de sedimentación captan el polvo y lo envían por medio de succión a la pileta de sedimentación, en donde las partículas son contenidas en el agua.

En el caso de los filtros, estos separan las partículas contaminantes del flujo de aire por medio de elementos filtrantes específicos, sin embargo, este es retornado nuevamente al silo, reutilizándolo y evitando el uso del agua para tal fin, por tanto, no contaminando este líquido y evitando las obras complementarias, como las pilas de sedimentación.

Por tanto, el primer punto es la valoración del uso de filtros o pilas de sedimentación, ya que el uso de filtros cuenta con los beneficios antes mencionados.

El segundo punto, responde a la capacidad de filtrado de las partículas en suspensión, medidos en mgr/Nm<sup>3</sup>.

Y el tercer punto, es el tratamiento que la planta disponga para el polvo captado, siendo preferible la que provoque menos residuos.

#### **4.2.3.2 Tipo de alimentación**

Un punto medular en la presente investigación y en el contexto mundial y nacional en la actualidad, es la necesidad de reducir y establecer parámetros reales e integrales para la disminución de gases contaminantes como el CO<sub>2</sub>, el mercado y la industria de mercados tan importantes como el cemento y el concreto han establecido nuevos sistemas para tratar de reducir su huella de carbono en el amplio y complejo proceso de producción y distribución, con el objetivo de la disminución de su impacto sobre el medio.

Los mecanismos que accionan los distintos dispositivos de la planta de concreto premezclado, pueden ser alimentados por combustibles de combustión interna (motores convencionales que funcionan a base de derivados del petróleo) o por motores potenciados por energía eléctrica, resultando estos amigables con el medio ambiente al eliminar los gases producidos por combustión, aunque estos motores también han avanzado con tecnologías que limitan sus emisiones de CO<sub>2</sub> al ambiente.

Es por esto, que el primer punto es el tipo de combustible empleado para su funcionamiento, siendo en este aspecto, aquellas plantas abastecidas por energía eléctrica preferibles para su elección.

El segundo punto, es la emisión de gases provocado por las plantas potenciadas con motores de combustión interna, esta es medida en (mg/m<sup>3</sup> (TPN)), estando mejor posicionada la que produzca menos emisiones.

### 4.2.3.3 Contaminación sónica

Este criterio se mide el nivel de sonido producido por el equipo, este es medido en dBA, representando un mayor beneficio, aquella que produce menos ruido.

Quedando establecidos los criterios ambientales según el detalle mostrado en la siguiente tabla:

| <b>Requerimientos ambientales</b> |   |
|-----------------------------------|---|
| <b>Tratamiento de polvos</b>      |   |
| <b>Puntos</b>                     |   |
|                                   | Usa filtros o pilas de sedimentación              |
|                                   | Capacidad de filtrado de partículas en suspensión |
|                                   | Manejo del polvo                                  |
|                                   |   |
| <b>Tipo de alimentación</b>       |   |
| <b>Puntos</b>                     |   |
|                                   | Combustible empleado                              |
|                                   | Consumo requerido                                 |
|                                   |   |
|                                   |   |
| <b>Contaminación sónica</b>       |   |
| <b>Puntos</b>                     |   |
|                                   | Nivel de sonido producido                         |
|                                   |   |

Tabla 3. Requerimientos ambientales

Elaboración propia (2022).

#### **4.2.4 Criterios sociales**

Los aspectos contemplados en esta área son enfocados en estos tres puntos citados a continuación:

##### **4.2.4.1 Credibilidad**

Se evalúan las referencias y los antecedentes positivos o negativos que la marca posea en los modelos instalados en suelo costarricense, datos sobre la calidad, puesta en marcha, funcionamiento, y cualquier otro dato confiable que conforme la información recopilada entre los empresarios y profesionales, técnicos y usuarios del campo que cuenten con esta experiencia será considerada.

El segundo punto valora si estas plantas cuentan con certificaciones fiables que respalden su calidad, procesos o prestaciones.

##### **4.2.4.2 Respaldo**

El primer punto comprende la disponibilidad o facilidad de repuestos necesarios para el mantenimiento y reparación de la planta, se valora si la marca cuenta con representación en Costa Rica.

El siguiente punto se enfoca en las garantías ofrecidas por el fabricante, el grado de cobertura, el tiempo de vigencia, las condiciones y excepciones.

El tercer punto valora el servicio al cliente, los medios de comunicación o canales disponibles con los que disponga la fábrica y su representación, para la guía y resolución oportuna de problemas o averías relacionados con la configuración, uso o reparación de la planta, se valora su disposición, efectividad y calidad de atención.

#### **4.2.4.3 Operación**

El software, su fiabilidad, robustez, desempeño e interfaz, son estipulados en el primer punto de selección, basados en la opinión y sentir de operarios de estos sistemas informáticos.

El segundo punto contempla la incorporación de sistemas de seguridad, tanto para la planta y sus distintos procesos, así como los enfocados en el cuidado de los operarios.

El tercer punto para valorar es la incorporación de elementos que le brinden confort al operario, estos elementos están concentrados en la cabina de control, entre estos se encuentran las dimensiones internas de dicho aposento, la disposición del equipo que esta posea en relación con la comodidad del operario y si cuenta con aire acondicionado.

Quedando establecidos los criterios sociales según el detalle mostrado en la siguiente tabla:

| Requerimientos sociales        |  |
|--------------------------------|--|
| <b>Componentes</b>             |  |
| <b>Puntos</b>                  |  |
| Credibilidad                   |  |
| Certificaciones                |  |
|                                |  |
| <b>Producción</b>              |  |
| <b>Puntos</b>                  |  |
| Repuestos                      |  |
| Garantía                       |  |
| Atención al cliente            |  |
|                                |  |
| <b>Costo</b>                   |  |
| <b>Puntos</b>                  |  |
| Software, interfaz y desempeño |  |
| Sistemas de seguridad          |  |
| Elementos de confort           |  |
|                                |  |

Tabla 4. Requerimientos sociales

Elaboración propia (2022).

### 4.3 Aspectos normativos

**Requisitos ubicación:** Estos requisitos normativos, responden a lo referente en la ubicación y requisitos a cumplir para las plantas de concreto premezclado, lo que se refiere al diseño de elementos arquitectónicos, estructurales, mecánicos y eléctricos no serán incluidos en este estudio dado que serán propios del diseño de cada proyecto en un lote específico.

En cuanto a la ubicación de las plantas de concreto, considerando el Plan para el Gran Área Metropolitana vigente, se establece un área para la ubicación de este tipo de industria.

Las áreas de mayor disponibilidad de suelo para el uso industrial son las de Coris y Ochomogo en Cartago y la de Oeste de Ciruelas con un 83%, tomando en cuenta este factor, además que es importante la disponibilidad de terrenos para la venta, el diseño establecido de la zona industrial en la normativa local, la oportunidad de localizarse cerca de la competencia y la infraestructura adecuada se seleccionará a la ubicada en el Cantón Central de Cartago para este trabajo.

La zona industrial en el cantón de Cartago, en el sector de La Lima, se ha determinado con una zona industrial en desarrollo dado que posee espacio suficiente para el crecimiento de empresas, además tiene los siguientes puntos a considerar:

Es una zona con demanda actual y futura para la ubicación de diversas empresas además de las ya establecidas.

Es una zona con una localización estratégica para su desarrollo, con infraestructura vial y redes adecuadas y está cerca al centro de la ciudad de Cartago, así como de centros de población.

Es una zona que por su cercanía con empresas que suministran materias primas a las plantas de concreto se hace estratégica.

Teniendo ya definida el área de estudio que corresponde a la zona industrial de La Lima, es importante conocer las restricciones urbanísticas aplicables locales, que para este caso se refiere al Plan Regulador para el Cantón de Cartago, el cual, en su potestad de ordenamiento territorial, establece en el Artículo 58, la zonificación de las áreas para uso industrial clasificándolas por tipo.

Por la naturaleza del funcionamiento del proyecto propuesto, las plantas de concreto, tienen características particulares ya que se almacenan hidrocarburos para ser utilizados en el proceso, almacenamiento de otros materiales que pueden generar polvo, el tránsito de maquinaria pesada, además del potencial impacto que esto supone a su entorno, el permiso de ubicación de este tipo de industria es restringido y condicionado, el Plan Regulador vigente para el Cantón de Cartago establece que esta zona industrial le es aplicable el Artículo 12 del Reglamento de Zonas Industriales de la GAM del Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo INVU y el anexo de la lista tipo 2 en cuanto a usos condicionales.

Es decir, el uso industrial en el área de estudio para la ubicación de la planta de concreto premezclado es permitido, si se cumplen ciertas condiciones en cuanto a requisitos normativos aplicables para que las molestias que puedan generar dichas actividades,

queden confinadas en los propios límites de la propiedad y se limiten a un horario determinado. Estos condicionantes serán definidos por la Municipalidad en coordinación con el Ministerio de Salud (Artículo 55, Plan Regulador del Cantón de Cartago).

En resumen:

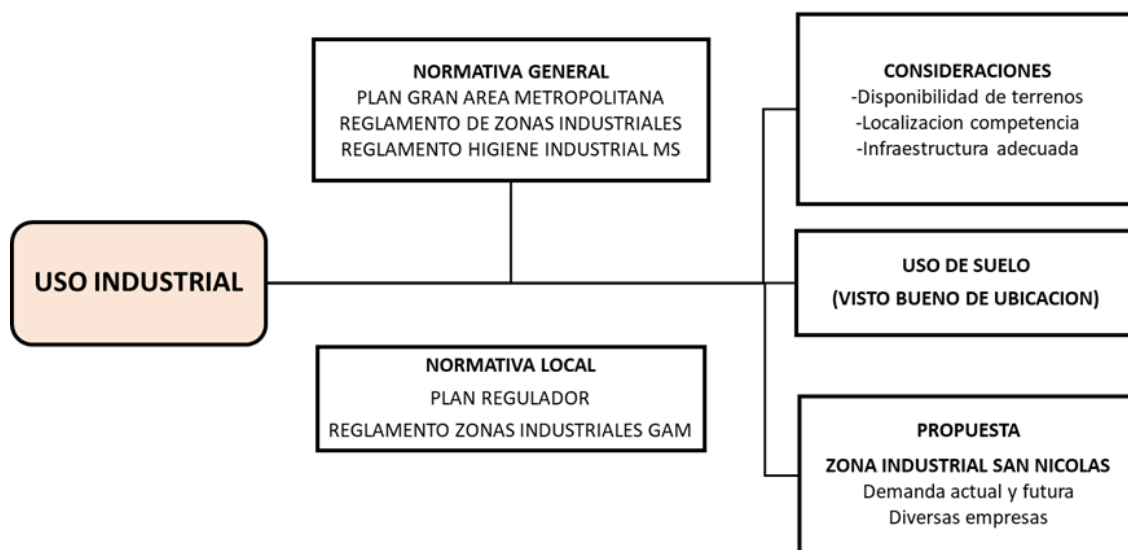


Ilustración 9. Diagrama de Usos de Suelo (Uso Industrial)

Elaboración propia (2021)

**Requisitos de diseño:**

El Ministerio de Salud según la ley No. 5395 permite regular la instalación de este tipo de industrias, así como el Reglamento de Higiene Industrial regula los riesgos de contaminación del ambiente.

La Municipalidad mediante el Plan Regulador define los siguientes requisitos que deberán ser considerados en el lote que se seleccione para la instalación de la planta de concreto premezclado:

Área mínima de lote 700m<sup>2</sup>, frente mínimo de 20.00m

Altura máxima 13.5m (3 pisos)

Cobertura 60%

Retiro frontal 6m, retiro posterior 5m y retiro lateral 3m.

La propiedad que se determine para la instalación de la planta de concreto deberá responder a criterios ambientales, preferentemente sitios de topografía plana, desprovistos de cubierta vegetal y alejados lo más posible de áreas residenciales, se debe considerar por tanto lo siguiente:

Se deberá tener especial cuidado con los mantos acuíferos y zonas de recarga.

Dado el material que se utiliza para los procesos se debe ubicar lejos de cuerpos de agua como ríos, quebradas o nacientes.

Se deberá considerar las condicionantes de riesgo de amenazas naturales como los riesgos de deslizamientos y riesgo sísmico.

Cuando se utiliza agua en el proceso se debe contar con una pila de sedimentación con dimensión suficiente para que trabaje eficientemente y se logre recuperar la mayor cantidad de sedimentos.

Se deben instalar trampas de aceite para retener cualquier contaminación de este tipo.

Se debe considerar el desfogue de las aguas utilizadas, la salida de estas aguas puede ser hacia algún río o quebrada, siempre y cuando haya sido tratada previamente y no presente peligro de contaminación al sitio de descarga. No se permite el desagüe de agua caliente directamente a un cauce natural, debe dejarse enfriar primero. Para el agua utilizada en labores propias del personal, se deben construir sistemas de tanques sépticos con su respectivo drenaje, para su tratamiento.

Todas las instalaciones deberán contar con dispositivos especialmente diseñados para evitar la contaminación del ambiente, por ejemplo, la producida por desechos sólidos, derrames de materias tóxicas o peligrosas, emisiones de gases, ruidos y partículas transportables por el viento.

En los casos de tanques de almacenamiento, sean estos de diésel, aceite, productos combustibles, etc. se debe construir una barrera perimetral al tanque, que retenga cualquier tipo de derrame. Esta barrera debe tener capacidad, como mínimo, de contener 1,5 veces la capacidad del tanque. Se debe tomar en consideración la instalación de mecanismos de bombeo del material derramado y la posibilidad de un drenaje controlado de cualquier líquido que pueda almacenarse.

El almacenamiento y transporte de materiales y elementos contaminantes, tóxicos o peligrosos, tales como explosivos, combustibles, lubricantes, aguas servidas no tratadas, desechos y basuras, deberán efectuarse respetando la normativa existente.

Asimismo, deberán garantizarse las condiciones de seguridad necesarias y razonables para prever derrames, pérdidas y daños por lluvia o anegamientos, robos, incendios u otros.

Según la Ley de hidrocarburos, en cuanto a la zona de almacenamiento de combustibles en el Capítulo II, sección 16.7.2.3 establece: La compañía especializada encargada del proyecto determinará con base en el estudio de mecánica de suelos, si los tanques de almacenamiento estarán o no, alojados en fosas de concreto impermeabilizadas.

El pavimento en esta área será de concreto armado; el espesor, resistencia del concreto y armado del acero de refuerzo, serán responsabilidad de la compañía especializada asignada. Se debe prever que la losa de concreto armado de la fosa de tanques sobrepase como mínimo 30cm fuera del límite de la excavación y la pendiente mínima será del 1% hacia el canal de aguas oleaginosas. Esta losa y la zona de descarga de la cisterna deben estar bordeadas por un canal recolector de derrames de combustible, con medidas mínimas de 10cm de ancho por 15cm de profundidad, con una pendiente del 1,5% con su respectivo tanque de captación, con una capacidad mínima neta de 250 litros, con su válvula de cierre de protección y su conexión hacia la trampa de combustibles.

Adicionalmente en el Capítulo XII Requisitos Específicos para las Instalaciones de Tanques de Almacenamiento de Combustible Industrial (Autoconsumo), de la Ley de hidrocarburos, se contempla lo siguiente:

Artículo 69.3 Los tanques podrán ser colocados directamente en la tierra (fosa prevista para ese efecto) o colocados en una bóveda de concreto armado totalmente impermeabilizada, manteniendo el requisito de doble contención y ajustándose a las disposiciones del capítulo de tanques en el presente reglamento. Podrán utilizarse tanques sobre el terreno (superficiales) cuando se ajusten a las disposiciones ya indicadas en el presente capítulo

Artículo 69.5 Los tanques podrán ser superficiales únicamente cuando se almacene diésel y bunker.

Artículo 69.6.3 La capacidad nominal mínima para tanques de almacenamiento superficiales será de 1 000 litros y la máxima de 50 000 litros.

Artículo 69.7.10 Todos los tanques de almacenamiento verticales y horizontales deben estar limitados por diques de contención, cuya construcción será de concreto, acero o mampostería, impermeabilizados y capaces de resistir la presión hidrostática ejercida por el líquido que llegaran a contener.

Artículo 69.7.11 Una barda de material incombustible, con una altura de 2 metros, debe ser construida perimetralmente al dique. El propósito fundamental del dique de contención es evitar la contaminación del subsuelo en caso de derrames o que se extienda el producto hacia otras áreas de la estación de servicio, y con ello tener la oportunidad de recuperarlo.

Artículo 69.7.13 La altura mínima del dique de contención será de 1,20m y de 1,80m como máximo sobre el nivel de piso terminado.

Artículo 69.7.14 La capacidad volumétrica de los diques de contención será como mínimo de 1,20 veces el volumen del tanque de almacenamiento de mayor capacidad dentro de cada dique, más el volumen que ocupen otras construcciones, como son las cimentaciones de los propios tanques.

Artículo 69.7.15 La distancia mínima del tanque de almacenamiento horizontal a los muros del dique de contención será de 1,00m o la mitad del diámetro del tanque instalado, y a 4,00m del edificio más cercano, ubicado dentro de la propiedad, a los límites de la propiedad o en relación con otro tanque; y por ningún motivo se permite que los diques de contención hagan la función de muro que limite la propiedad de las instalaciones.

Artículo 69.7.19 Todo tanque de almacenamiento debe tener como mínimo un frente de ataque, es decir, debe estar localizado adecuadamente para permitir el acceso a través de una calle para que en caso de siniestro se faciliten las operaciones contra incendio. En el Reglamento para el Diseño, Construcción y Operación de Plantas de Almacenamiento y Envasado para GLP, establece en la sección 9.22, Distancias entre elementos:

Las distancias mínimas que deben respetarse en las plantas, medidas desde el límite externo más cercano al elemento de comparación o medición, deben ser de recipientes de almacenamiento a:

Tapias límite del predio de la planta:

15m si el tanque tiene una capacidad entre 7570 y 113550 litros.

23m si el tanque tiene una capacidad mayor a 113550 y menor a 264950 litros.

30m si el tanque o conjunto de tanques tiene una capacidad mayor a 264950 litros.

Oficinas o Bodegas:

15m si el tanque tiene una capacidad entre 7570 y 113550 litros.

23m si el tanque tiene una capacidad mayor a 113550 y menor a 264950 litros.

30m si el tanque o conjunto de tanques tiene una capacidad mayor a 264950 litros.

Entre recipientes de almacenamiento:

1,5m o  $\frac{1}{4}$  de la suma de los diámetros de ambos tanques, la que sea mayor.

Cresta inferior del recipiente a piso terminado 1,5m como mínimo.

Tomas de recepción y suministro: 6m.

Vegetación de ornato: 15m.

Zona de protección a recipientes de almacenamiento: 2m

Finalmente, el CR-2010, en la División 400, en relación con las plantas de concreto, establece lo siguiente:

Sistemas de pesaje. En las plantas de bache se deben usar celdas de carga calibradas o mecanismos de pesaje calibrados aprobados por el Contratante.

Para el sistema de pesaje, el CR-2010, establece en la sección 1110.03 Procedimientos y aparatos de pesaje:

Cuando se suministre o mida material que es pagado por peso, el Contratista debe suplir lo siguiente: Sistema de pesaje comercial. Para los suministros de los proveedores, deben usarse balanzas comerciales certificadas, instaladas permanentemente en los lugares de despacho de los materiales.

Sistema de pesaje del proyecto. Deben suministrarse, instalarse y mantenerse balanzas automáticas digitales aceptables. Deben proporcionarse balanzas que registren el peso (masa) por lo menos con una precisión de 50 kilogramos. Debe mantenerse la exactitud de la balanza dentro del 0,5 por ciento del peso correcto en todo el rango de uso. No deben usarse balanzas de resorte.

Deben instalarse y mantenerse balanzas de plataforma, el nivel de la plataforma nivelado con cabezas rígidas en cada extremo. La plataforma debe ser de longitud suficiente para permitir el pesaje simultáneo de todos los ejes cargados del vehículo de acarreo.

Antes del inicio de la producción en el proyecto, después de una reubicación del equipo y por lo menos una vez por año, debe certificarse el sistema de pesado por la oficina nacional de pesos y medidas o por un organismo de calibración con competencia técnica para brindar este servicio.

El sistema debe sellarse una vez calibrado para prevenir manipulaciones u otros ajustes después de la certificación. Debe instalarse una impresora automática a la balanza en el momento de su programación, o equiparse de otra manera satisfactoria, para prevenir errores manuales en la información de los pesos consignados.

La normativa aplicable a las edificaciones complementarias y sus respectivas áreas es analizada independientemente en el proceso de análisis y diseño de cada una de ellas.

Se deberá verificar que la propiedad cuente con los servicios básicos de agua y electricidad, y una adecuada disposición de las aguas, según el Reglamento de Construcciones del INVU se tiene:

Disponibilidad de agua (Artículo 117): “Toda edificación debe contar con disponibilidad de servicio de agua, por lo que el interesado debe tramitar el documento que lo compruebe”, por lo que se debe aportar la Certificación de disponibilidad de servicios de agua potable por el operador encargado de brindar el servicio para este caso el acueducto es municipal.

La disponibilidad del servicio eléctrico es ofrecida en la zona por la Junta Administrativa del Servicio Eléctrico Municipal de Cartago, JASEC, al cual se le solicita el documento de disponibilidad eléctrica, carta que igual a la de la disponibilidad de agua será necesaria para las tramitologías que se realicen para los permisos de construcción y funcionamiento.

Tratamiento de aguas residuales: estas deberán ser tratadas y dispuestas para este caso en un sistema de tratamiento que cumpla con lo dispuesto en el Reglamento de Aprobación de Sistemas de Tratamientos de Aguas Residuales, Decreto Ejecutivo N°39887-SMINAE y sus reformas o normativa que lo sustituya. Se prohíbe descargar las aguas residuales al sistema de alcantarillado pluvial (artículo 118 del Reglamento de Construcciones). Esto deberá ser parte del diseño propuesto para la planta.

Drenaje pluvial: Las aguas pluviales de cualquier tipo de edificación deben ser conducidas a sistemas de alcantarillado pluvial, a cursos de aguas naturales permanentes o ser reutilizadas en usos cuya calidad no sea para consumo humano. Se prohíbe descargar las aguas pluviales al sistema de drenaje sanitario. (Artículo 118 del Reglamento de Construcciones).

La municipalidad deberá dar el visto bueno para este desfogue.

Se debe además considerar el Reglamento General de los Procedimientos de Evaluación Ambiental y sus reformas, que establece que todo proyecto debe realizar una evaluación ambiental que se define como:

Es un instrumento técnico de la evaluación de impacto ambiental, cuya finalidad es la de analizar la actividad, obra o proyecto propuesto, respecto a la condición ambiental del espacio geográfico en que se propone y, sobre esta base, predecir, identificar y valorar los impactos ambientales significativos que determinadas acciones puedan causar sobre ese ambiente y a definir el conjunto de medidas ambientales que permitan su prevención, corrección, mitigación, o en su defecto compensación, a fin de lograr la inserción más armoniosa y equilibrada posible entre la actividad, obra o proyecto propuesto y el ambiente en que se localizará.

El estudio deberá contener:

Estudio de Ingeniería básica

Estudio de Geología básica

Reporte arqueológico

Estudio de riesgo antrópico

En resumen:

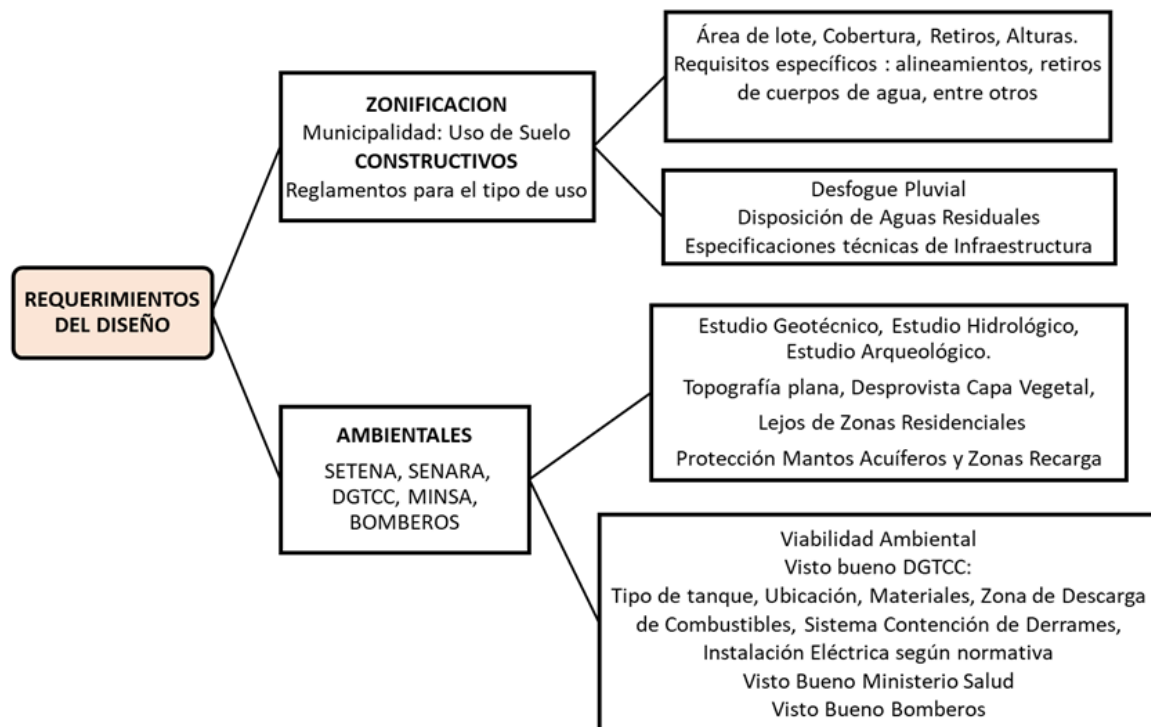


Ilustración 10. Diagrama de Requerimientos para el diseño

Elaboración propia (2021).

## **Funcionamiento**

Operación de una planta de concreto premezclado

Según la Asociación de Cemento Portland (PCA, 2004) en el libro Diseño y Control de Mezclas de Concreto, una planta de concreto es una instalación que tiene varias etapas las cuales se utilizan para producir diferentes tipos de concreto; así mismo, establece que el concreto es una mezcla de tres componentes: agua, agregados y cemento.

Las siguientes describen las etapas de una planta de concreto:

Entrega de agregados.

Tolva de recibimiento de agregados.

Almacenamiento de agregados.

Estera transportadora.

Almacenamiento de material cementante.

Tolva de carga.

Entrega del cemento.

Mezcladora.

Aditivos.

Camión de concreto premezclado con material retornado

Agua reciclada.

Agregados recuperados.

Bomba.

Almacenamiento de agua.

Cargamento del concreto en el camión de concreto premezclado.

Sala de control.

El Reglamento de Higiene Industrial del Ministerio de Salud establece que entre los requisitos a cumplir para el funcionamiento de la planta de concreto están:

Cuando el proceso industrial genere polvo, gases, vapor o humo que puedan dañar la salud de los trabajadores o de los vecinos, será indispensable someterlos a un tratamiento adecuado, mediante un sistema aprobado por el Ministerio (Artículo 34)

Se prohíbe dar curso libre a las aguas de desecho industrial, cuando sean perjudiciales para el hombre, los animales, las plantas o las obras de infraestructura. Dichas aguas deberán ser previamente tratadas, mediante procedimientos aprobados por el Ministerio. (Artículo 35)

El agua para atender las necesidades del personal deberá ser potable, su suministro será continuo y su presión la necesaria para resguardar un abastecimiento cómodo. (Artículo 36)

El Reglamento de Control de Ruido del Ministerio de Salud establece para las zonas industriales, dado los largos periodos de tiempo y la naturaleza de las actividades, que la

generación de niveles mayores de ruido deberá cumplir con los límites de niveles de sonido establecidos en el Artículo 20 de este reglamento.

El Reglamento de construcción del INVU establece en el Artículo 202; En los establecimientos industriales y de almacenamiento que produzcan polvo, el aire debe salir por chimeneas que tengan por lo menos 5,00m de elevación sobre la edificación más alta en un radio de 10,00m, con filtros o precipitaderos que garanticen que el aire no contenga más de 300 millones de partículas por metro cúbico, ni más de 40% de sílice. Por lo que el proyecto debe cumplir con esta disposición para su funcionamiento.

En resumen:

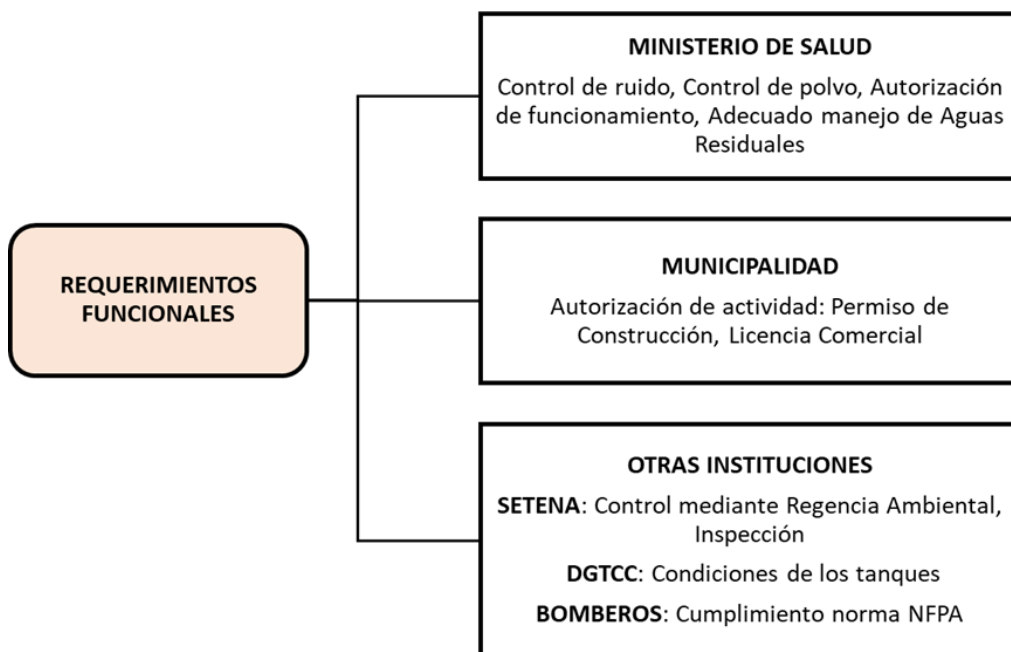


Ilustración 11. Diagrama de requisitos para el funcionamiento

Elaboración propia (2021).

## **4.4 Aspectos técnicos**

### **4.4.1 Ubicación y entorno social**

En el caso de Cartago se tienen varias particularidades que vuelven complejo el entramado político-económico de la zona, ya que es una comunidad que presenta un dinamismo variado, que va desde una agricultura variada en pequeña y gran escala. Sin embargo, uno de los principales motores económicos de la comunidad es el constante aumento del sector industrial e inmobiliario.

Con respecto a la dinámica industrial y económica se tiene varios factores de gran importancia, como por ejemplo la ecuación entre crecimiento industrial y social, la expansión y llegada de nuevas tecnologías y el crecimiento económico e industrial, en dónde se maneja la idea de la importancia de dichos proyectos.

La provincia de Cartago ha presentado un crecimiento acelerado y sostenido en los últimos años, posicionándose como una de las zonas con mayor índice de desarrollo industrial del país, Fernández (2015) menciona que:

“Cartago se está convirtiendo en un polo industrial con imanes de atracción de capital, entre ellos, mano de obra altamente calificada, costos de energía competitivos y el apoyo de una Zona Económica Especial (ZEE)”. (p.1)

Siendo una zona con múltiples insumos industriales, económicos, logísticos y humanos, los cuales convierten a Cartago en un espacio atractivo para empresas de diversas ramas y especialidades.

Además, Fernández (2015) agrega que “aspecto a su favor es que cuenta con el mejor índice de alfabetización (98,7%), por encima del promedio del país (96,2%), y el 22,7% de su fuerza laboral habla inglés, según un sondeo realizado por la empresa Triada Research & Planning, en el 2013” (p.2).

El crecimiento industrial de Cartago en los últimos años ha mostrado un acelerado desarrollo, en parte como reflejo de los esfuerzos realizados por la provincia en el marco del desarrollo inmobiliario e industrial, a partir del 2008 según datos de Fernández (2015): “se comenzó la estrategia de la Zona Económica Especial de Cartago (ZEEC), liderada por el Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC) (que une fuerzas académicas, empresariales y gubernamentales) para potenciar y aprovechar esos y otros factores en la zona”.

Este esfuerzo dio como resultado una serie de avances de gran importancia para la región y el país, donde:

No solo para la retención de firmas sino para la atracción de nuevas, así como para apoyar las grandes y a las pymes en la zona, resaltó Karla Halabi, integrante de la ZEEC. Del 2010 al 2014, se presentó la mayor cantidad de nuevas inversiones de diversas compañías en Cartago (gran parte bajo el Régimen de Zona Franca (RZF)), respecto a las

establecidas en las dos décadas anteriores, según la Coalición Costarricense de Iniciativas de Desarrollo (CINDE, p.3).

Para el 2021 Cartago lidera el crecimiento de la construcción, luego del primer año de pandemia, esto según Montero (2021), que establece que debido a múltiples factores como la acumulada actividad en vivienda dinamiza el sector construcción, además del comercial, tras época pandémica. Agrega también que:

En el primer semestre de 2021, la mayor parte de la actividad económica del país estuvo mejor que en la misma época del 2020, cuando se recibió el mayor impacto de las restricciones derivadas de la pandemia por COVID-19. Sin embargo, en el campo de la construcción hubo un área destacada: la provincia de Cartago, donde se experimentó el mayor incremento de todo el país en el número de obras (70,37%), valor (63,76%) y área (101,31%) con permisos aprobados.

Al comparar con los datos atípicos del mismo periodo de 2020, Cartago sigue detrás de San José y Alajuela en cantidad, área y valor totales, pero en esa zona coinciden distintos fenómenos de desarrollo inmobiliario que impulsan un repunte mayor al del resto del territorio nacional, como el acumulado de un desarrollo de vivienda activo, que podría estar motivado por el desarrollo industrial y de servicios, y a la vez promueve el surgimiento de más proyectos comerciales.

La instalación de múltiples empresas en la zona de Cartago ha generado un impacto positivo de continuo crecimiento inmobiliario, como lo menciona Gómez (2021):

“Nuevas empresas multinacionales impactan positivamente la provincia cartaginesa, la cual, en los últimos 10 años, ha presentado un crecimiento considerable en cuanto a inversión de más de 30 compañías internacionales”.

Además, Sequeira citado por Gómez (2021) establece que:

Definitivamente, el talento humano altamente calificado y multilingüe, disponible en la zona, es la principal razón que atrae a los inversionistas a establecer sus operaciones en Cartago. Bien lo demuestran las estadísticas: Cartago es la provincia con la tasa más alta de alfabetización: 97,7%, y 45% de su población tiene un grado académico universitario o técnico.

Según datos de CINDE, Cartago tiene gran potencial para su continuo crecimiento, Gómez (2021) agrega que:

Actualmente está en proceso de construcción, una nueva planta de manufactura de Edwards Lifesciences, empresa líder mundial en innovaciones para los pacientes con enfermedades cardíacas estructurales y cuidados críticos. Sólo esta compañía invirtió 100 millones de dólares estadounidenses en esta segunda etapa, ya que opera en la Zona Franca La Lima desde 2016 y, actualmente, cuenta con más de 200 empleados en el país. En febrero pasado, la empresa Heraeus inauguró su nueva planta de producción de 5.400m<sup>2</sup>, también ubicada en Zona Franca La Lima.

Es evidente que el desarrollo de Cartago es palpable y significativo, aspecto que motiva y dinamiza gran parte de la economía y producción de la provincia.

El aumento de la construcción es intrínseco a dicho desarrollo, así como el consumo de materiales de construcción, siendo el concreto uno de los principales y de mayor uso en las distintas obras. Además, del crecimiento constante en vivienda, urbanización y obras varias.

#### 4.4.2 Radio de acción de la planta de concreto premezclado

En la siguiente imagen se puede observar algunos factores que enmarcan la zona geográfica circundante a la instalación de la planta de concreto premezclado, la cual se ubica en la zona industrial de Cartago.

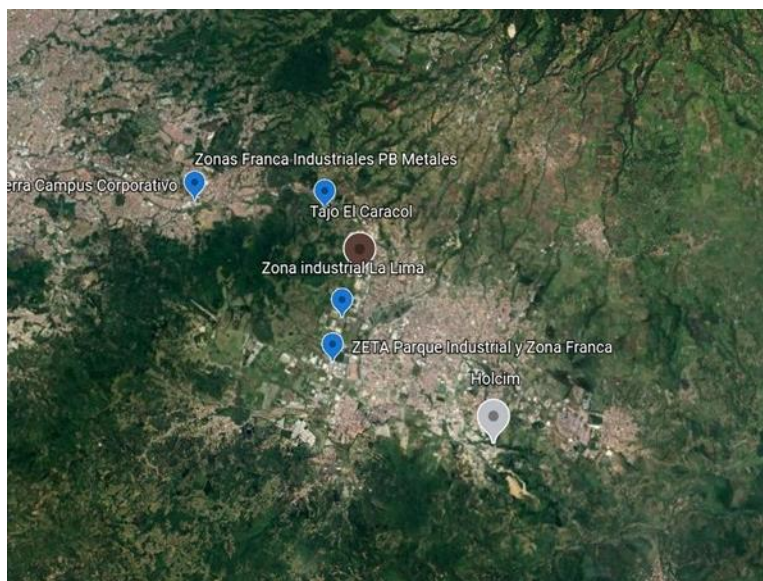


Ilustración 12. Periferia Zona Industrial Cartago

Elaboración propia con base en imágenes satelitales de Google Earth (2021)

En el punto de ubicación se ubica la zona seleccionada, donde iría ubicada la planta de concreto premezclado, en la periferia de dicho punto se logra visualizar una importante cantidad de zonas industriales como lo son zonas francas y parques industriales; siendo la más cercana la Zona Industrial La Lima, el cual es uno de los proyectos más recientes en Cartago. Ahí opera la empresa Zollner que invirtió 10 millones de dólares y ha generado alrededor de 200 puestos de trabajo en el periodo de 2015 a 2018.

En los puntos azules se visualizan zonas francas y/o industriales de gran crecimiento como se mencionó anteriormente, además de la planta cementera de Holcim, principal posible proveedora de cemento de la planta de concreto premezclado.

Es claro que la cercanía es un factor clave para evaluar la viabilidad de la planta de concreto, ya que el tiempo estimado de vida a partir de su procesamiento en planta es de poco más de 1 hora, dependiendo de factores exógenos como el clima, temperatura y otros, así como propios del material y tipo de concreto. Así como la cercanía con los quebradores responsables de suplir las gravas y arenas necesarias, traducándose lo anterior en menores costos por concepto de acarreo.

La cercanía con la Zona Industrial La Lima brinda una importante lista de posibles clientes, ya que esta se encuentra en continuo crecimiento inmobiliario e industrial, siendo la construcción uno de los pilares en dicho desarrollo.

Además, se puede observar una gran área comercial y residencial, lo cual brinda salidas constantes de obras varias.

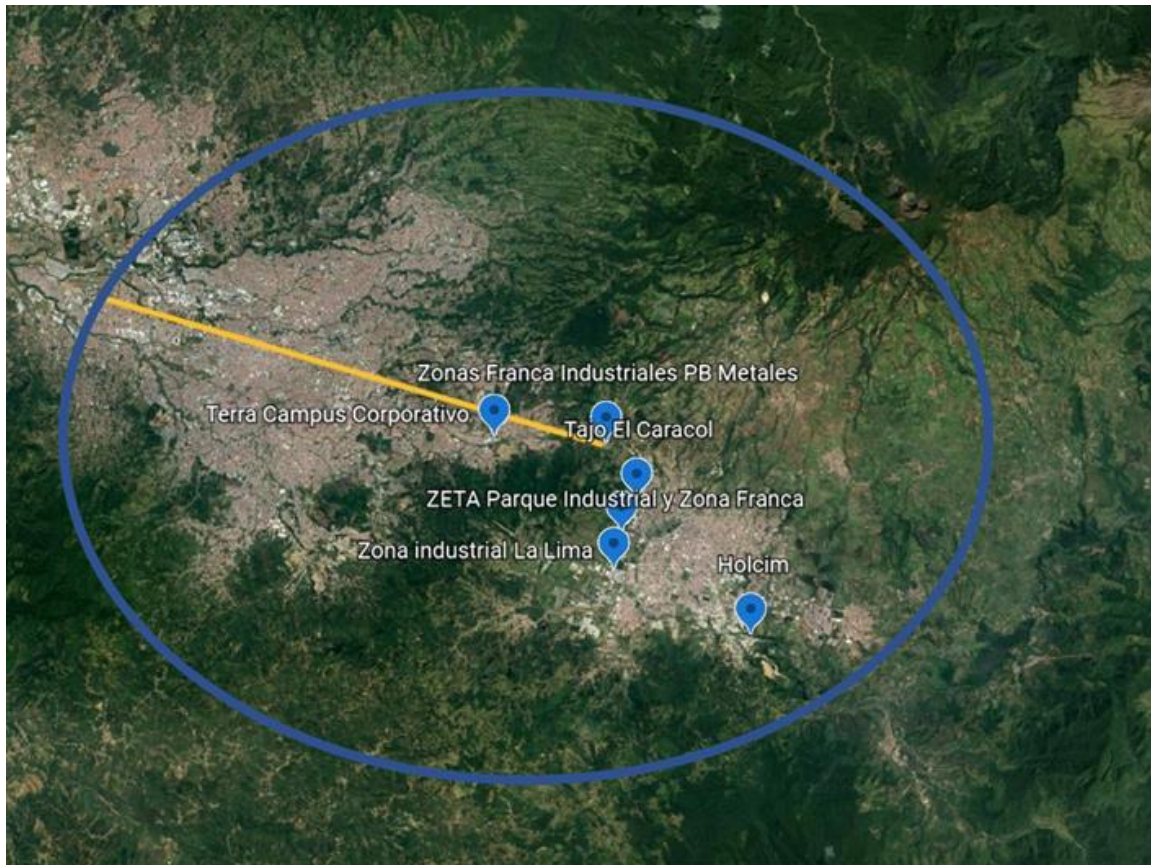


Ilustración 13. Radio de acción

Elaboración propia con base en imágenes satelitales de Google Earth (2021)

En la imagen anterior se observa un posible rango de acción para la distribución del concreto premezclado en la planta, de alrededor de 20 km, considerando la entrega en las condiciones óptimas y de calidad.

Es importante aclarar que dicho radio es una aproximación, ya que no se considera las rutas de acceso a las distintas obras, el tráfico y múltiples factores que pueden influir en los tiempos de entrega, los cuales se deben valorar de sobremanera a la hora de calcular o consolidar un contrato.

## CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

Como resultado del análisis de la factibilidad técnica por medio de los métodos descritos y evaluados anteriormente para la ubicación y puesta en marcha de una planta de concreto premezclado se concluye lo siguiente:

La selección del equipo idóneo debe responder a criterios ambientales, sociales y económicos considerando las tecnologías empleadas en este tipo de plantas y el entorno que será ubicada.

Del producto del análisis del marco regulatorio aplicable para la ubicación e implementación de estas plantas se concluye lo siguiente:

Se debe tener en consideración que al iniciar un proyecto de ubicación, instalación y puesta en marcha de una planta de concreto premezclado, esta al catalogarse como industria inocua, su ubicación y uso de suelo es condicionado, así como sus parámetros de diseño y funcionamiento, siendo de importancia la verificación del marco regulatorio.

Por último, del análisis de los elementos a considerar para determinar la factibilidad técnica para establecer una planta de concreto premezclado se determinan como parámetros mínimos los siguientes:

El terreno seleccionado debe estar situado en una zona con uso de suelo industrial y con tolerancia para industria inocua.

La ubicación del área de combustible para el auto consumo no puede ser situada sobre suelos con características de mantos acuíferos, zonas de recarga ni en donde el nivel freático sea muy alto.

## **5.2 Recomendaciones**

Se recomienda al iniciar con un proyecto como lo es la planta de concreto premezclado verificar que el sitio seleccionado cuente con la disponibilidad de los servicios básicos.

Se propone como tema de futuros trabajos de investigación el análisis de la factibilidad de los sistemas constructivos que se deberán emplear en proyectos de este tipo para efectos de la construcción.

Se propone para futuros trabajos de investigación el análisis del tratamiento de las aguas residuales devengadas por los procesos de fabricación sumado esto si en la ubicación del sitio hay inexistencia de red de alcantarillado sanitario.

**REFERENCIAS**

Asociación de Cemento Portland (PCA). 2014. Diseño y Control de Mezclas de Concreto. Estados Unidos. 468 p.

Cánepa, L de. 2004. Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. Manual I: Teoría. Perú.

Barrantes, R. (2006). *Investigación: Un camino al conocimiento. Un enfoque cualitativo, cuantitativo y mixto*. San José: EUNED.

Ponjuán Dante, Gloria. (1998). Gestión de Información en las organizaciones: principios, conceptos y aplicaciones. Santiago de Chile: Universidad de Chile. Centro de Informacioacuten en Capacitación.

Vega, A. (1994). Fuentes de Información General: aspectos teóricos. La Habana: Universidad de la Habana.

Guinchat, C. y M. Menow. (1983). Introducción general a las ciencias y técnicas de la información y de la documentación. La Habana: UNESCO.

MIVES (2009). Evaluación de la Sostenibilidad en Ingeniería Civil. <https://deca.upc.edu/es/proyectos/mives/ficheros/aplicacion-v1/mivesmanual.pdf>

Davis, M., Masten, S. 2004. Ingeniería y Ciencias Ambientales. México. McGraw-Hill Interamericana. 750 p

Fraume, N. 2007. Diccionario Ambiental. Ed. Eco ediciones. 465 p

Hernández, E. 2010. Importancia del agua para los seres vivos. Elemental Watson “la”  
Revista no 1. 1(1): 9-16.

Ramalho, R. 2003. Tratamiento de aguas residuales. España: Reverté, S.A. 705 p.

Richmond Solera, A (2011). *Análisis del proceso de producción y acarreo de los concretos asociados a la construcción del P.H. Reventazón del ICE*. Proyecto final de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción. Instituto Tecnológico de Costa Rica.  
[https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6089/analisisdelprocesodeproduccionyacarreodelosconcretosasociadosalaconstrucciondelp\\_hreventazon.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6089/analisisdelprocesodeproduccionyacarreodelosconcretosasociadosalaconstrucciondelp_hreventazon.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Rocchi Automatic Batching Plants. (2022). Plantas horizontales de hormigón. Pasaggio de Bettona, Italia. Recuperado de: <https://impianti-di-betonaggio.rocchipg.eu/es/plantas-horizontales-de-hormigon-bm/>

Palacio Estrada S. V (2019). *Estudio de prefactibilidad para el montaje de una planta de concreto premezclado en las instalaciones de la cantera de Combia en el municipio de Pereira*. Proyecto de grado presentado para optar el título de Maestría en Gerencia de Proyectos. Universidad Eafit. Recuperado de <https://repository.eafit.edu.co/xmlui/bitstream/handle/10784/16025/PROYECTO>

%20DE%20GRADO%20SANDRA%20VICTORIA%20PALACIO%20FINAL.p  
df?sequence=3&isAllowed=y

Panca Cruz W. M (2018). *Estudio comparativo del diseño, costo, producción y calidad del concreto dosificado in sitio vs. premezclado, para zonas accesibles de las ciudades de Puno y Juliaca*. Tesis para optar por el título profesional de Ingeniero Civil. Universidad Nacional del Antiplano.  
<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/7570>

Palacio, S. (2019). *Estudio de prefactibilidad para el montaje de una planta de concreto premezclado en las instalaciones de la cantera de Colombia, en el municipio de Pereira*. Universidad EAFIT. [Fecha de Consulta 15 de Septiembre de 2021].  
Disponible en:  
<https://repository.eafit.edu.co/xmlui/bitstream/handle/10784/16025/PROYECTO%20DE%20GRADO%20SANDRA%20VICTORIA%20PALACIO%20FINAL.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Alca, E. Maldonado, R. Reátegui, D. (2015). *Propuesta de mejora en la producción de una planta concretera*. Disponible en:  
<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/617624/Tesis%20MIxercom.pdf?sequence=11&isAllowed=y>

Alvarado, L. Bravo, A. Chanamé, J. Palomino, C. Trigo, F. (2016). *Diseño, procura y construcción de una planta de fabricación de concreto premezclado . .* Disponible en: <https://repositorio.esan.edu.pe/handle/20.500.12640/429>

- Perez, E. (2014). Aplicación de métodos lean en el desarrollo de un proyecto eléctrico enfocado a la automatización de un molino de cemento. Universidad Iberoamericana. México. [Fecha de Consulta 15 de Septiembre de 2021]. Disponible en: <http://www.bib.uia.mx/tesis/pdf/015813/015813s.pdf>
- Ramírez Vargas, A. (2015). *Estudio técnico sobre la eficiencia en la fabricación y colocación de concreto premezclado, hecho en sitio con planta y con batidora*. Trabajo Final de Graduación para grado de Licenciatura. Universidad de Costa Rica. [Fecha de Consulta 15 de Septiembre de 2021]. . Disponible en: <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/6095/1/39137.pdf>
- Hernández, A. (2010). *Factibilidad técnica y ambiental para el diseño de sitio de una planta de concreto*. Trabajo Final de Graduación para grado de Licenciatura. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Méndez Ávila, J. A. (2009). *Elaboración de una guía de procedimientos constructivos sostenibles en edificaciones nacionales, con áreas mayores a 1000 m.<sup>2</sup>* Trabajo Final de Graduación para grado de Licenciatura. Universidad de Costa Rica.
- Abarca Guerrero, L., & Leandro Hernández, G. (2016). Situación actual de la gestión de los materiales de construcción en Costa Rica. *Revista Tecnología en Marcha*.
- Putmeizter (2007). Bombas de hormigón estacionarias para trabajos exigentes y soluciones económicas. Recuperado de: <https://putzmeister.com>. Fecha de consulta: 4 de enero del 2021.

Joyo y Lopez (2019). Planta dosificadora de concreto en obra para mejorar la rentabilidad en un proyecto de viviendas de interés social, Lurín año 2019. Recuperado de : [https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2674/CIV\\_T030\\_70020562\\_T%20%20%20JOYO%20PALOMINO%20%20%20RENZO%20GIOVANNI.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2674/CIV_T030_70020562_T%20%20%20JOYO%20PALOMINO%20%20%20RENZO%20GIOVANNI.pdf?sequence=1&isAllowed=y) Fecha de consulta : 4 de enero del 2021.

360 Concreto (2020). Agregados reciclados. Recuperado de: <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/agregados-reciclados-que-y-para-que>. [Fecha de consulta: 1 de diciembre de 2021].

JASEC (2022). Mantenimiento a industrias y a empresas. <https://www.jasec.go.cr/mantenimiento-a-industrias-y-empresas/>

Wam (2018). Filtro para desempolvar los silos. Recuperado de: <https://wamgroup.es/es-ES/WAMES/Product/SILOTOP/Filtro-para-desempolvar-los-silos?s=13293>

