

INGENIERÍA CONCEPTUAL DE UN DISTRITO DE ENFRIAMIENTO EN LA ZONA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA

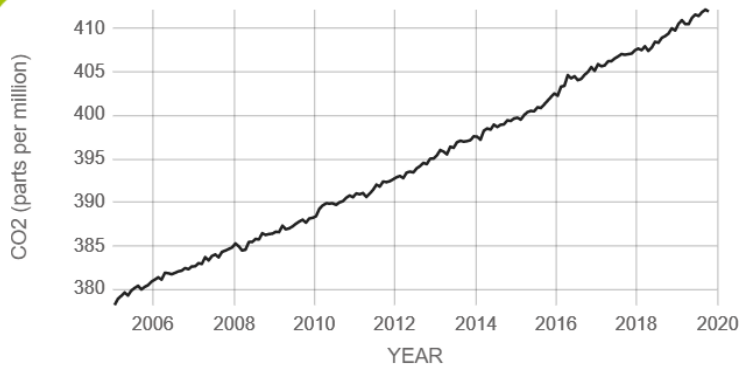
Jorge Andrés Espinel Ramírez
Nelson Enrique Palencia Bustos

Mario Jonatan Acero Caballero
Carlos Alirio Diaz Gonzalez

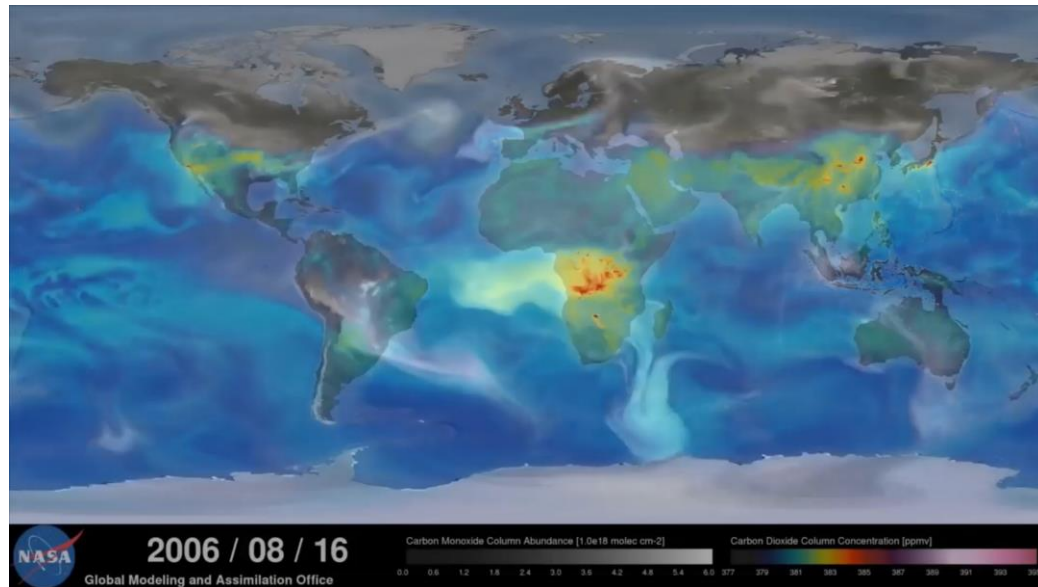
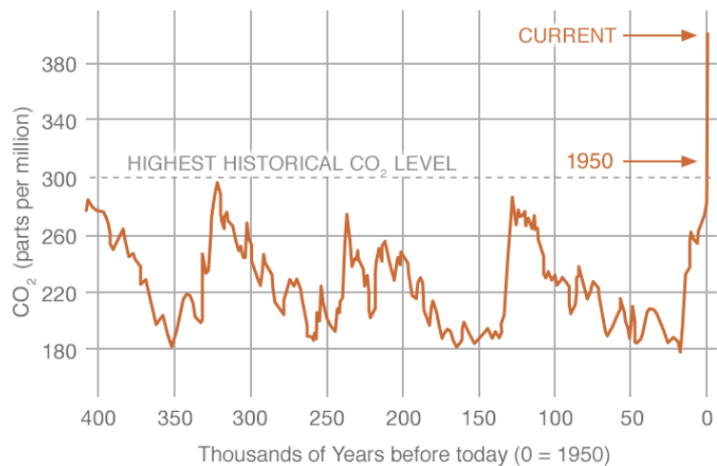
JUSTIFICACIÓN E INTRODUCCIÓN

The Greenhouse Effect

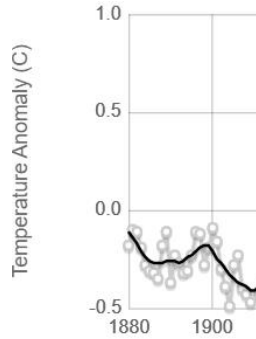




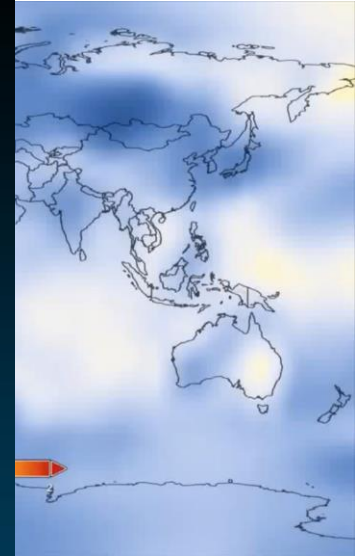
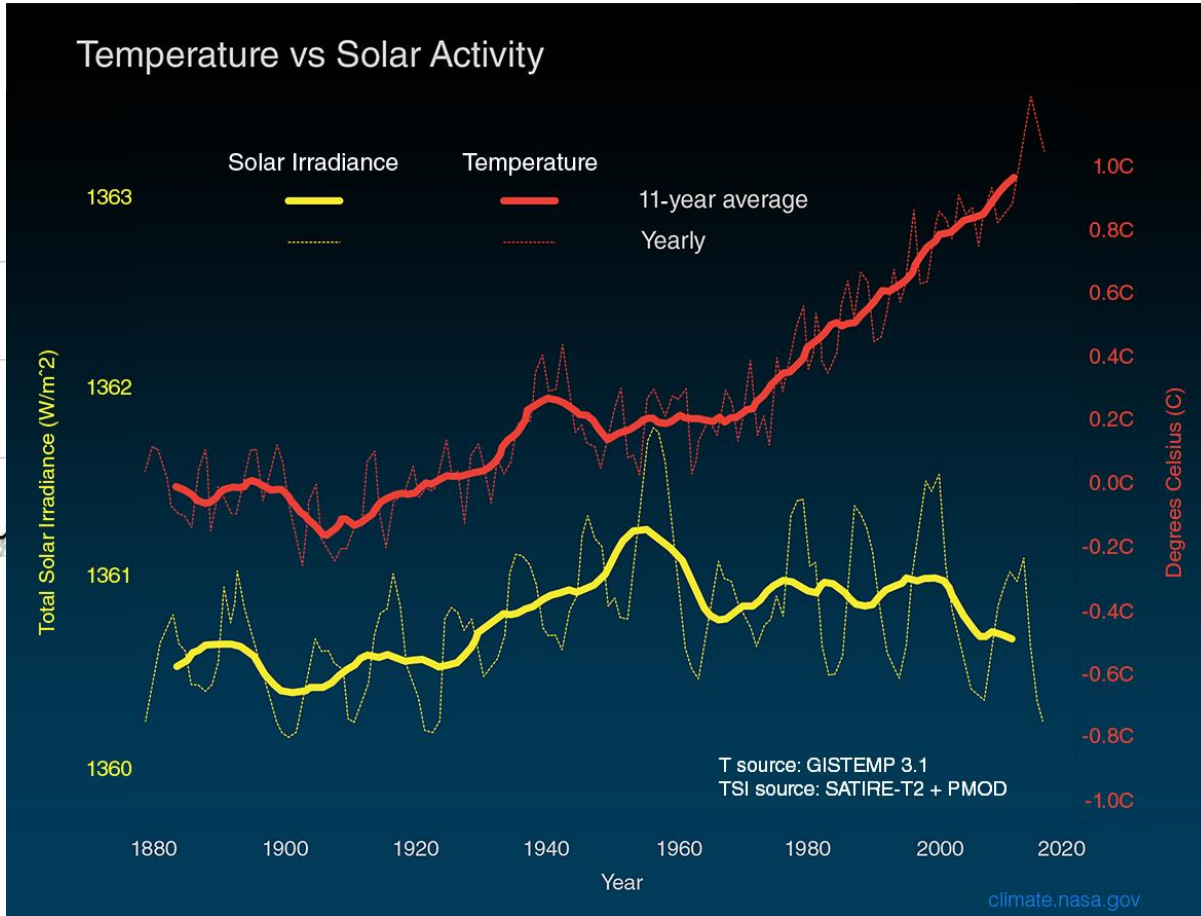
Source: climate.nasa.gov

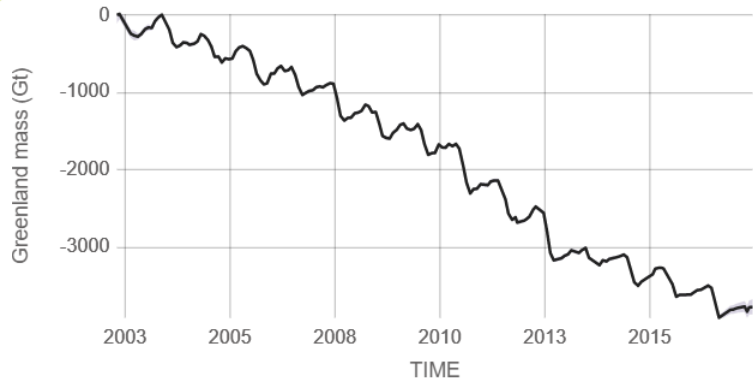


Temperature vs Solar Activity

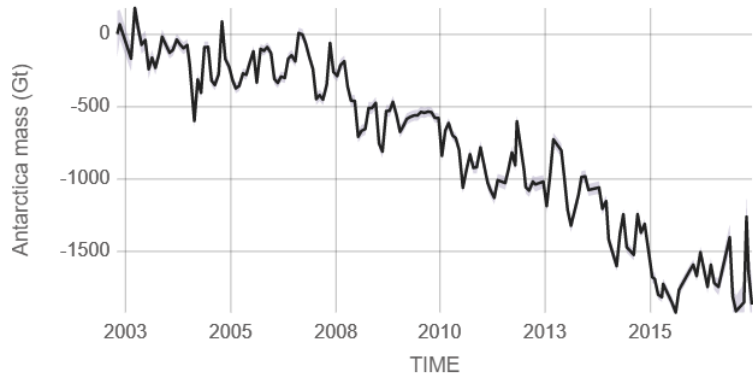


Source: climate.nasa.gov

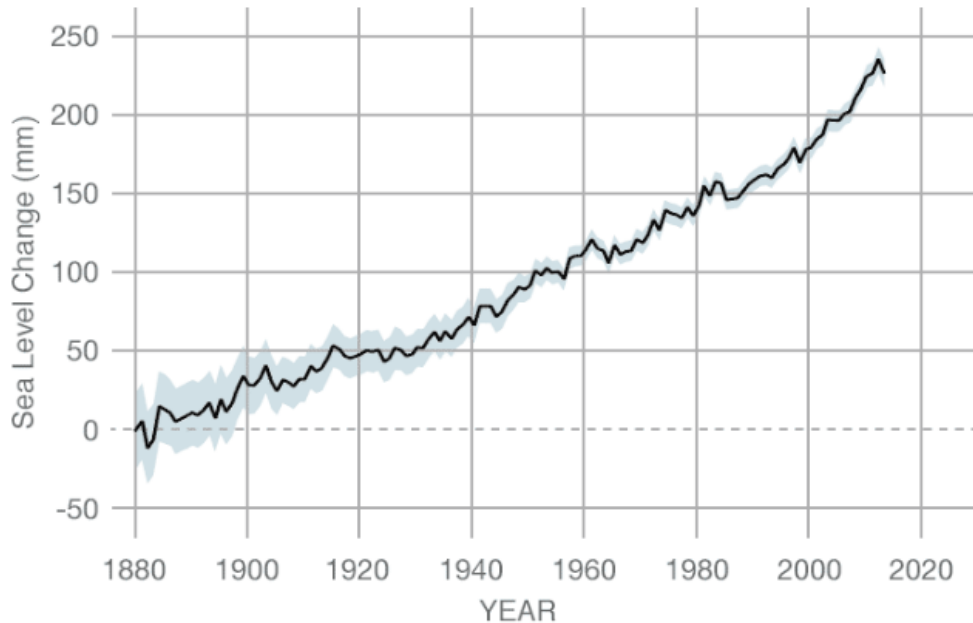




Source: climate.nasa.gov



Source: climate.nasa.gov



**0,4% de las
emisiones
mundiales.**

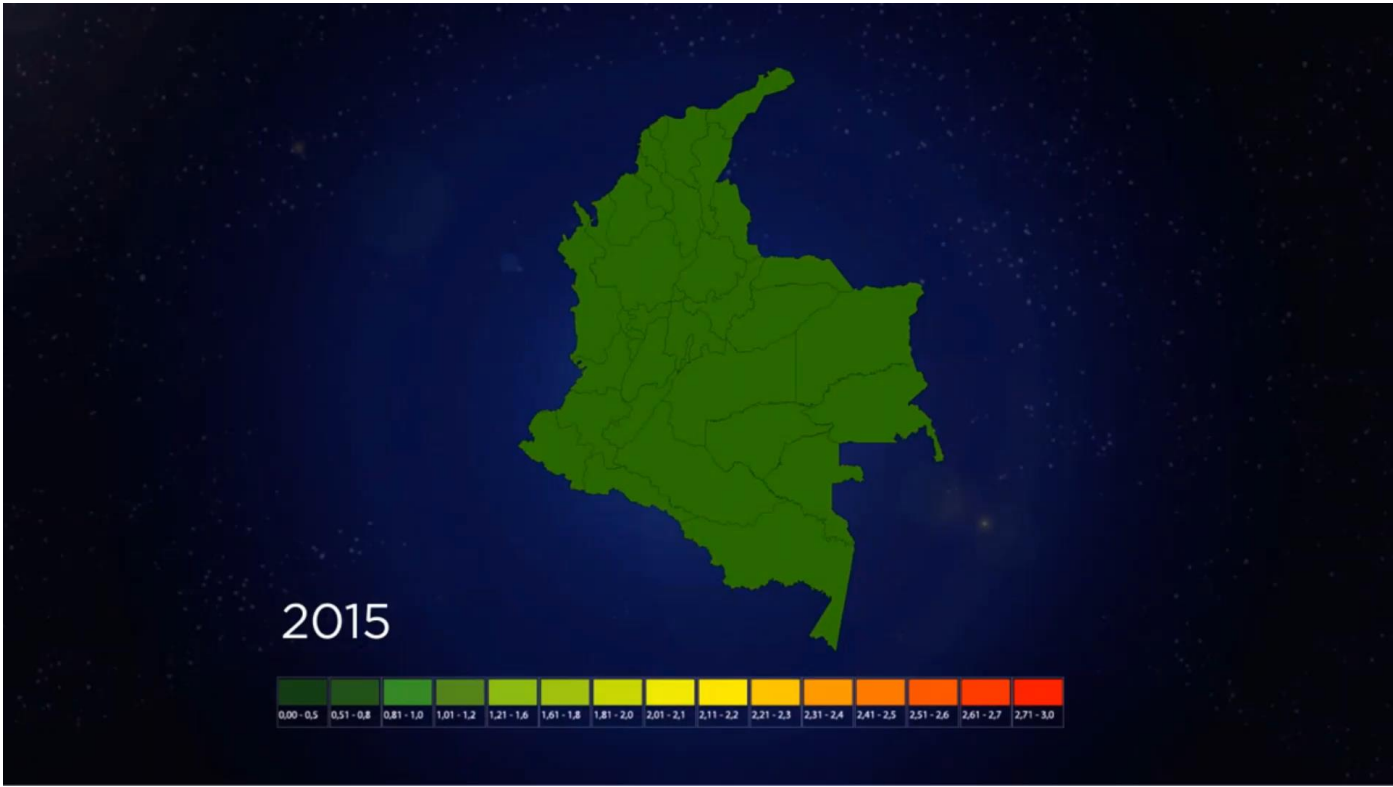
COLOMBIA

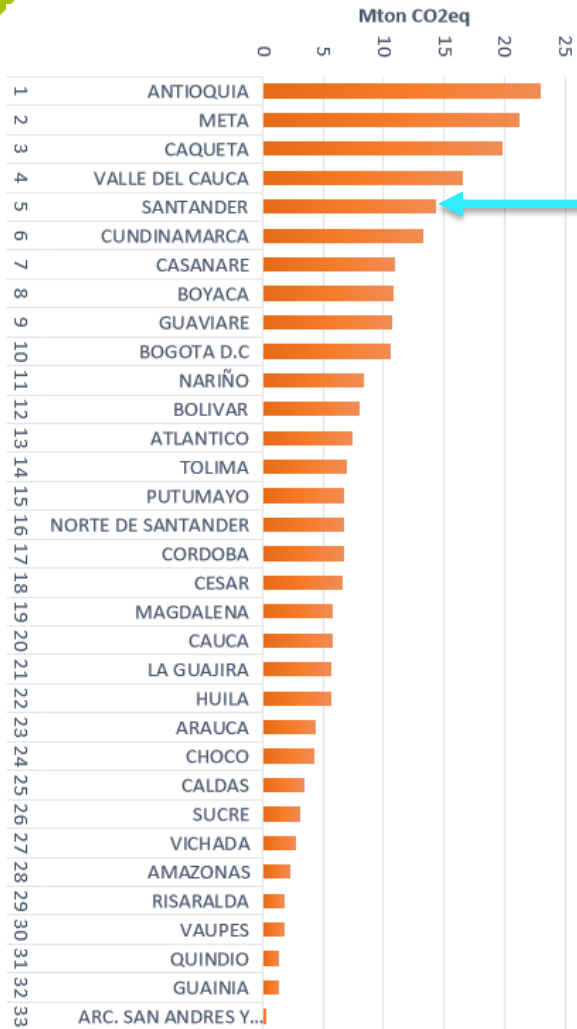
236.973 kTon CO2 eq 2014

**Puesto 5 en
generación de
emisiones de
32 países
latinoamerican
os.**

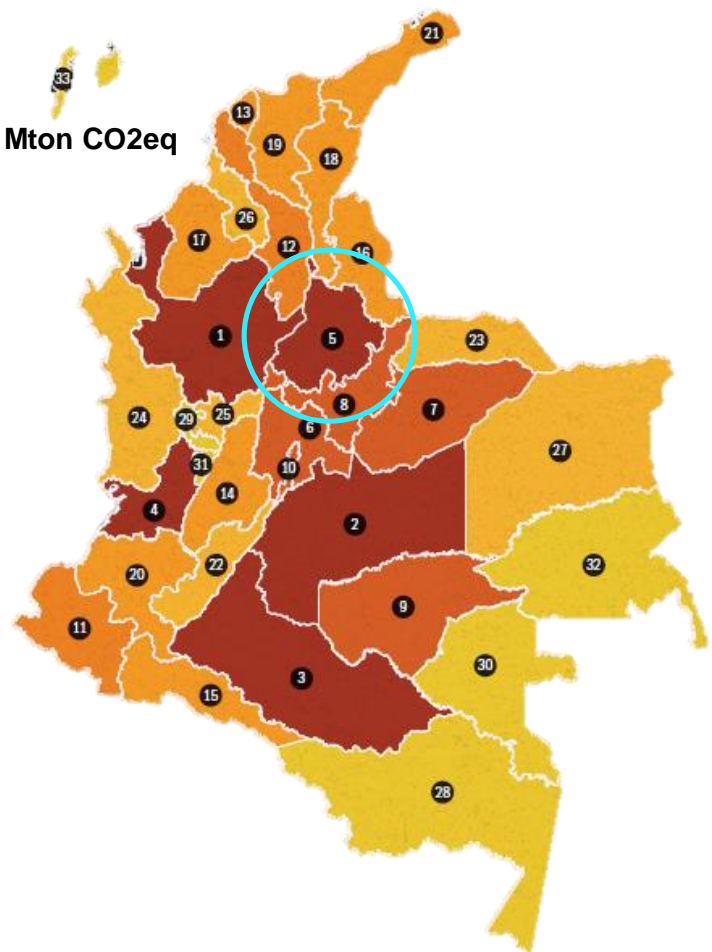
**70,5% CO2
19% CH4
0,8 HFCs**







14,38 Mton CO2eq



- Se refina el 73% del crudo del país, estos procesos aportan a un 20% de las emisiones de Santander.
- Alta tasa de cambio de uso de suelo y deforestación.

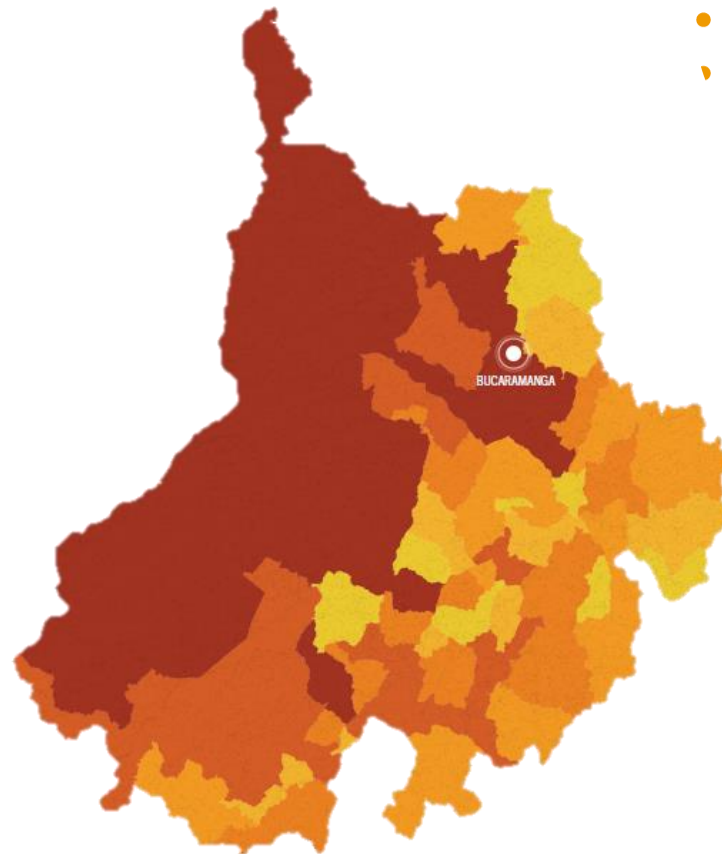




Tabla 42. Potencial de eficiencia energética en electricidad en Sector Terciario

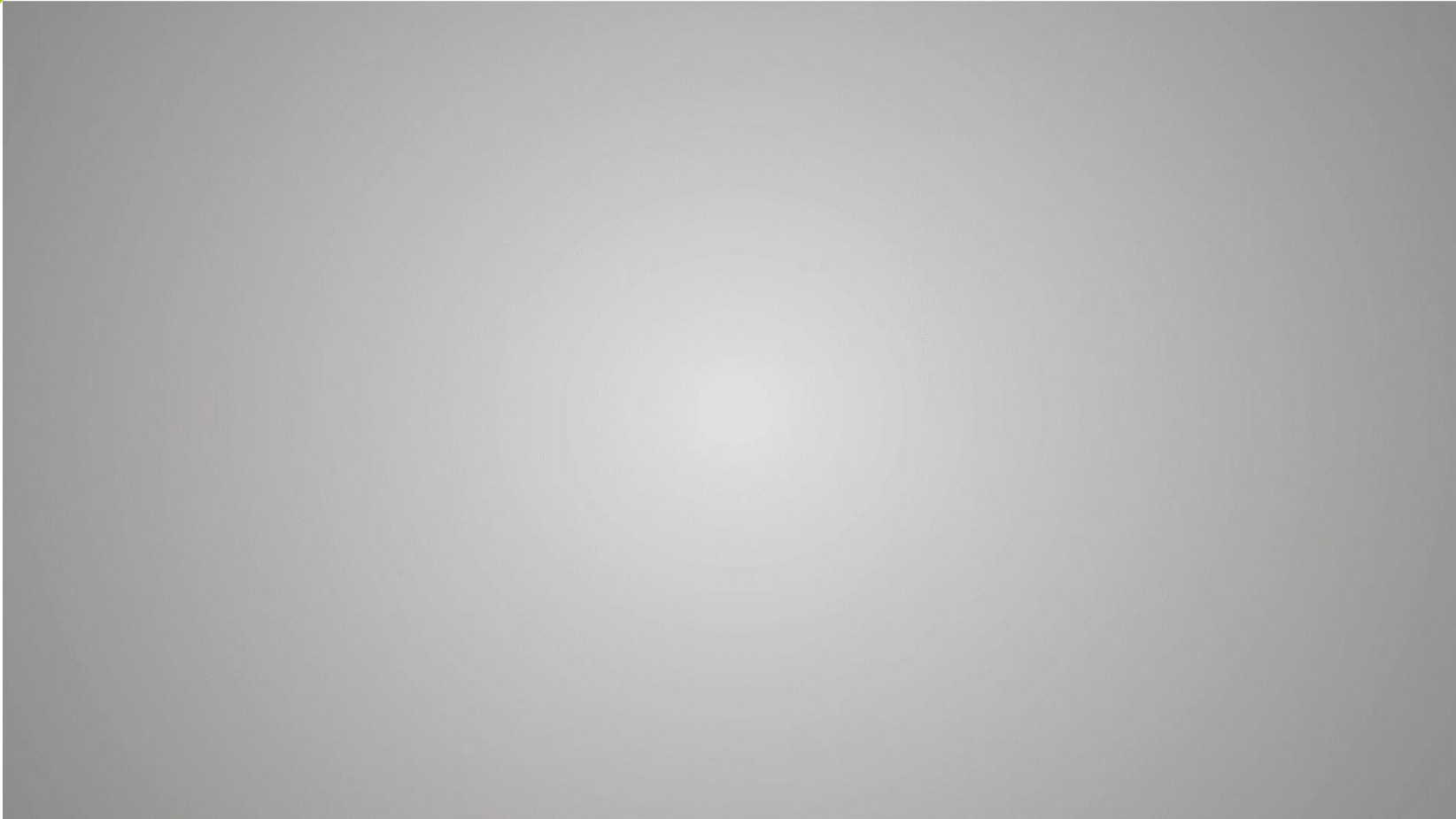
Uso	% de participación	Potencial de ahorro	Potencial total nacional
Calor directo	7,7%		
Calor indirecto	0,9%		
Iluminación	31,0%	8,9%	2,8%
Refrigeración	13,9%	18,6%	2,6%
Acondicionamiento de espacios	22,8%	34,5%	7,9%
Fuerza motriz	12,4%	12,4%	1,5%
Equipos de oficina	8,8%		
Servicios generales	1,4%		
Otros usos	1,0%		

Fuente: UPME, 2016

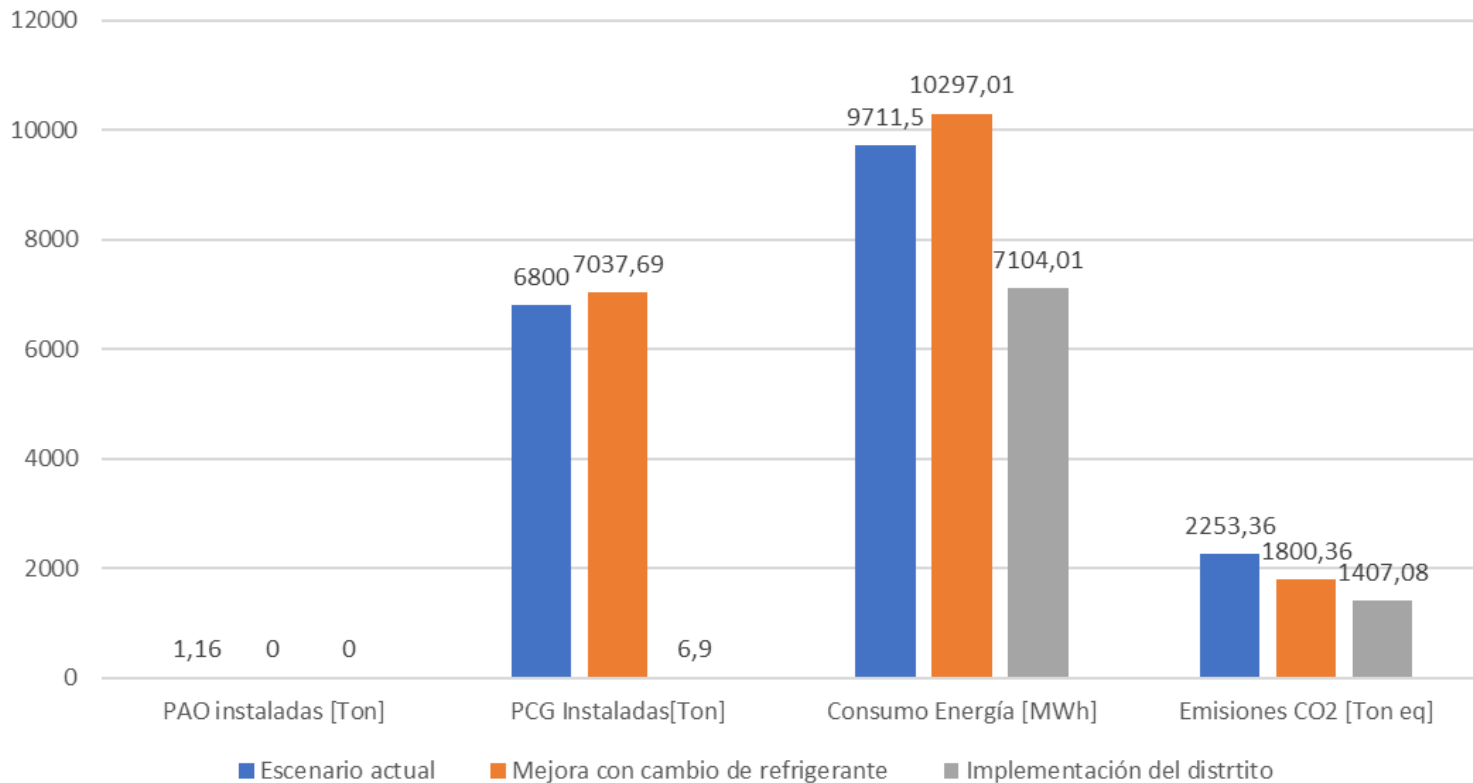
Potencial de ahorro de un **distrito energético** es del **25%** del uso de energía en relación a la situación sin sistema centralizado.

Acceder a **incentivos tributarios** por implementación de medidas de eficiencia energética, **bonos** de EE, **certificaciones** ecológicas y entre otros.

En el sector comercial, hotelero y público, el aire acondicionado puede representar más del **60%** del consumo de energía eléctrica.



Escenarios en zona de influencia del distrito la Alpujarra



Grupo Eléctrico
S.A. de la CT

Producción de
Agua Fria DT

OBJETIVOS



unab
UNIVERSIDAD NACIONAL
DE BILBAO



Objetivo general

Elaborar un estudio de ingeniería conceptual de un distrito de enfriamiento en el área metropolitana de Bucaramanga.



Objetivos específicos

1. Identificar zonas potenciales para la implementación de un distrito de enfriamiento.
2. Estimar el potencial de la demanda de enfriamiento de la zona seleccionada.
3. Dimensionar un distrito de enfriamiento basado en el potencial identificado.
4. Realizar un análisis financiero al dimensionamiento del distrito de enfriamiento.

DESARROLLO





Definición de conocimientos y determinación de barreras.

FASE 1



Definición de potenciales zonas para el suministro de frío.

FASE 2



Caracterización y estimación de la demanda.

FASE 3



Conceptualización del distrito de enfriamiento.

FASE 4



Análisis financiero preliminar del proyecto.

FASE 5





Fase 1

Fase 2

Fase 3

Fase 4

Fase 5

Fase 1

Definición de conocimientos y determinación de barreras.

- Realizar una revisión bibliográfica sobre el funcionamiento de los distritos energéticos.
- Buscar los diferentes métodos usados para la conceptualización de un distrito de enfriamiento.
- Consultar con personal con experiencia en distritos de enfriamiento las posibles dudas generadas.
- Definir criterios para tener en cuenta y las posibles barreras del proyecto.



Fase 1

Fase 2

Fase 3

Fase 4

Fase 5

Fase 2

Definición de potenciales zonas para el suministro de frío.

- Realizar un barrido al mapa del área metropolitana de Bucaramanga con el fin de localizar, mediante observación, lugares con potencial para el distrito de enfriamiento.
- Seleccionar un área con potencial de frío a trabajar teniendo en cuenta los criterios de selección.



Fase 1

Fase 2

Fase 3

Fase 4

Fase 5



Fase 3

Caracterización y estimación de la demanda.

- Realizar un acercamiento con cada uno de los potenciales usuarios del distrito de enfriamiento.
- Recopilar información del sistema existente.
- Determinar el comportamiento de carga con perfiles tipo o específicos de cada usuario.
- Definir el sitio de instalación de la planta generadora de frío.
- Establecer el factor de ganancia de calor en el sistema.

Fase 1

Fase 2

Fase 3

Fase 4

Fase 5

Fase 4

Conceptualización del distrito de enfriamiento.

- Definir la curva de demanda que seguirá el distrito y calcular la capacidad de generación de la central.
- Elegir los equipos de enfriamiento.
- Establecer condiciones de operación.
- Calcular los flujos de agua requerido por el sistema de distribución y de refrigeración de los equipos.
- Determinar diámetros, material y distancias equivalentes de la red de distribución.
- Calcular las pérdidas del sistema de distribución.
- Elegir las torres de enfriamiento.
- Elegir las bombas necesarias para la operación del distrito.
- Calcular la cantidad de equipos de enfriamiento, bombas y torres de enfriamiento requeridos.
- Calcular la cantidad de energía requerida por los equipos.



Fase 1

Fase 2

Fase 3

Fase 4

Fase 5

Fase 5

Análisis económico preliminar del proyecto.

- Recopilar información acerca de factores de costos por tonelada de refrigeración para cada uno de los componentes necesarios.
- Determinar el costo nivelado de la tonelada de refrigeración del distrito de enfriamiento planteado.
- Realizar el flujo de caja del proyecto y obtener indicadores financieros

RESULTADOS



FASE 1



LECCIONES APRENDIDAS

- El método comúnmente usado es el de factor de cargas y realizar encuestas.
- Los clientes consumen menos de lo que dicen.
- Verificar la compatibilidad de los usuarios para la conexión al distrito.
- Evaluar el proyecto como industrial en caso de no estar definido por el municipio.
- Tener fácil acceso a energía primaria.
- Cercanía con los usuarios.
- Evitar recubrimiento con aislamiento de ser no ser necesario.
- Evidenciar usuarios de uso constante de su sistema de climatización.
- El sitio de implementación debería contar con espacio para ampliaciones.
- Buscar la diversificación de usuarios.



MÉTODO DE ESTIMACIÓN POR FACTORES DE CARGA

- Tiene en cuenta variabilidad por ocupación, actividad desarrollada y algunas perdidas.
- Proporciona estimaciones precisas con poca información.
- En caso de contar con la carga del edificio, usar dicha carga.
- Avalado por la ASHRAE.

Actividad Económica	TR/m ²
Centros comerciales y superficies de comercio	0,033
Clínicas y centros médicos	0,044
Universidades	0,045
Hoteles	0,031
Centros de negocio y telecomunicaciones	0,030

CRITERIOS DE SELECCIÓN DE LA ZONA Y BARRERAS



Crterios

- Cercanía de clientes ancla.
- Disponibilidad y cercanía de la red eléctrica.
- Lugar de instalación adecuado para el distrito.

Barreras

- Ambientales.
- Civiles.

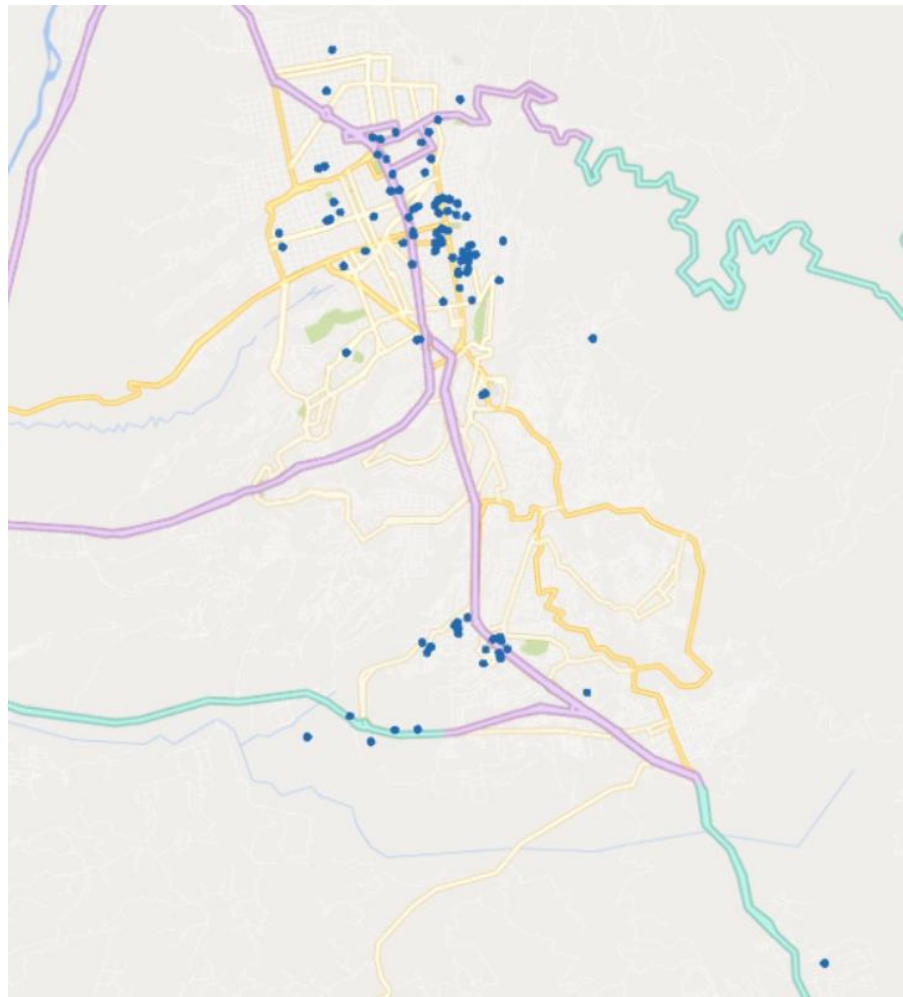


FASE 2



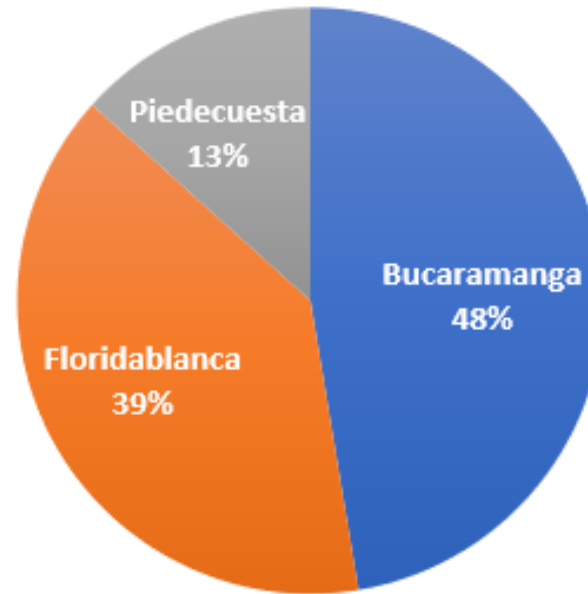
- Centros comerciales
- Supermercados
- Micro mercados
- Hospitales
- Clínicas
- Centros médicos
- Universidades
- Centros de negocios
- Oficinas administrativas
- Hoteles
- Bancos
- Auditorios y teatros
- Edificios públicos

MAPA DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA CON LOS USUARIOS IDENTIFICADOS

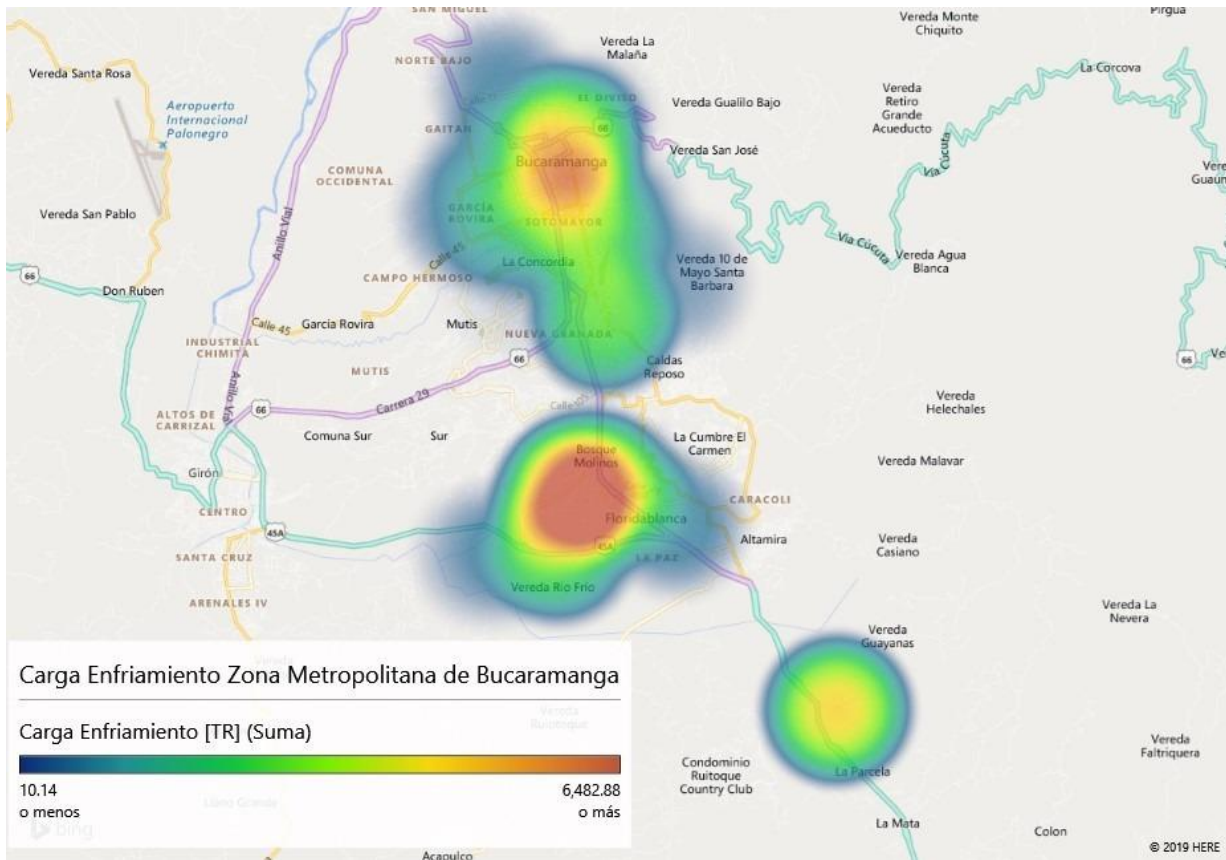


Carga de Enfriamiento

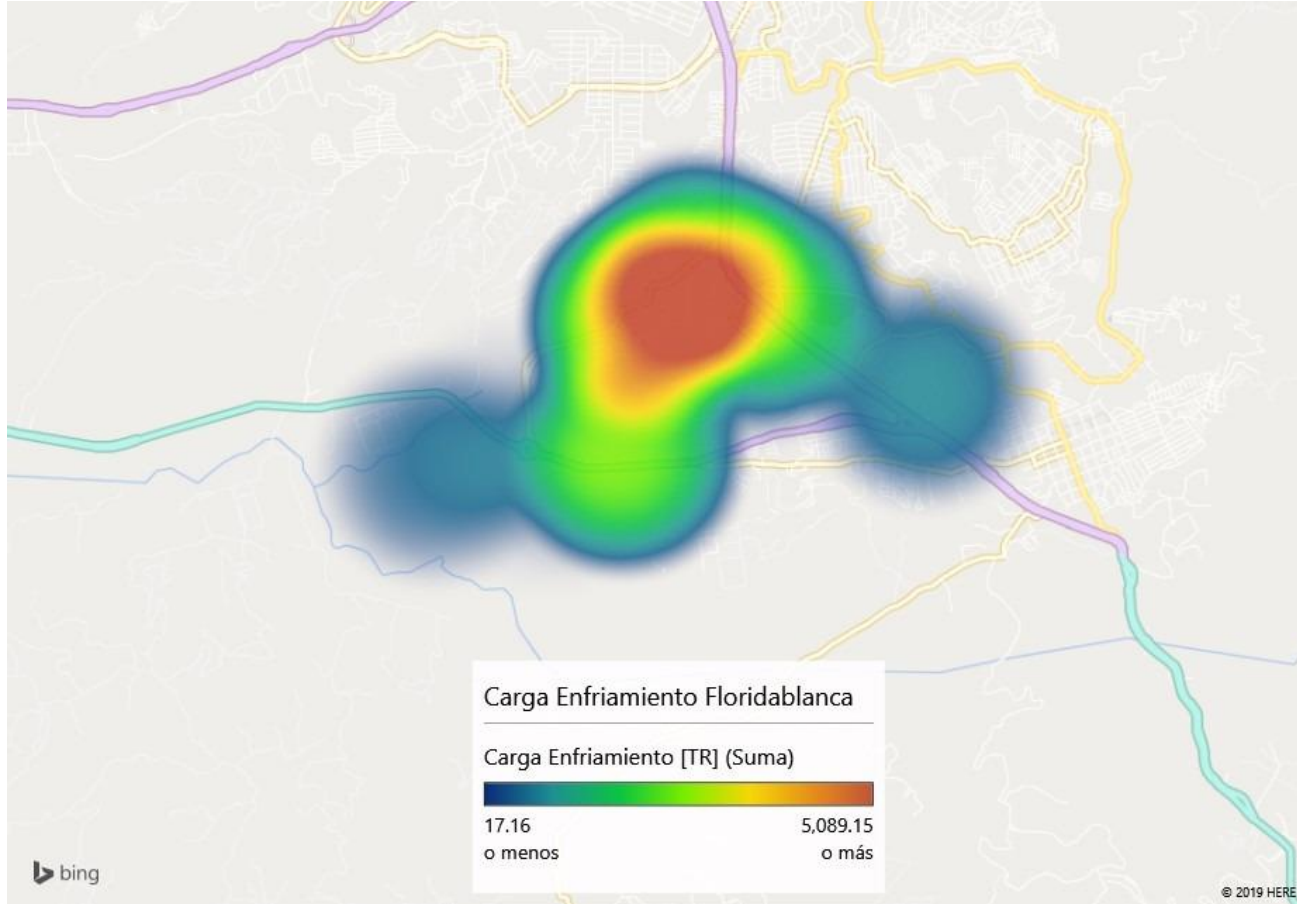
- Bucaramanga: 70.101,23 TR
- Floridablanca: 23.350,27 TR
- Piedecuesta: 4.538,02 TR



MAPA DE CALOR DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA SEGÚN REQUERIMIENTO DE FRIO



MAPA DE CALOR DE FLORIDABLANCA



FASE 3



ACERCAMIENTO CON LOS POTENCIALES USUARIOS

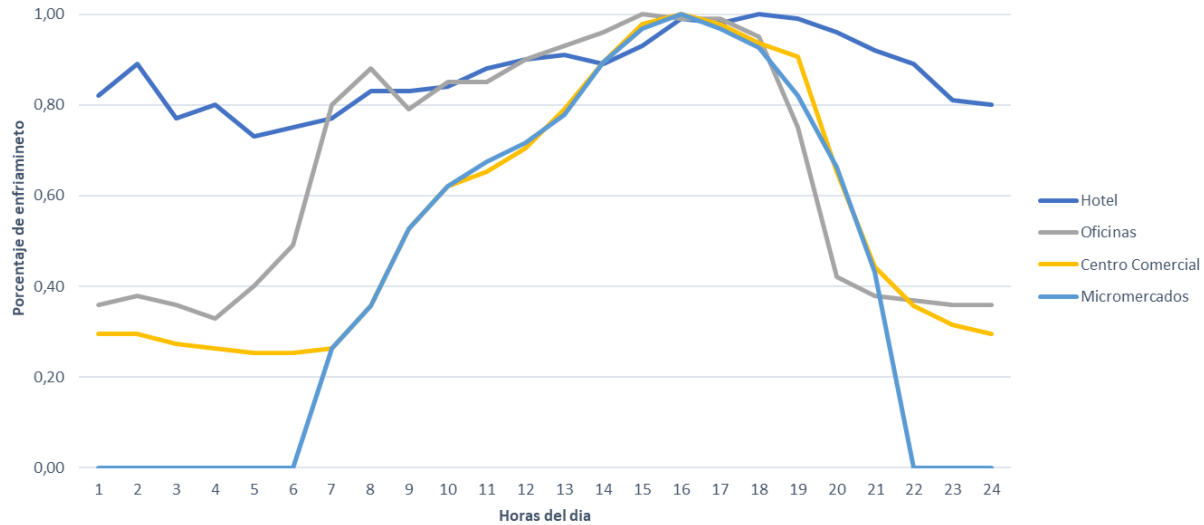


Se logra el contacto y obtención de permisos de **6** de los **19** potenciales usuarios, donde se recolecta información a cerca del sistema de climatización existente.

Empresas donde se pudo recolectar información	
UNAB el Bosque	300 TR
Tigo - Une	150 TR
Ecoparque Natura	2300 TR
ICV	500 TR
Makro Floridablanca	125 TR
C.C Parque Caracolí	890 TR

PERFILES DE CARGA

Comportamiento por Actividad Económica

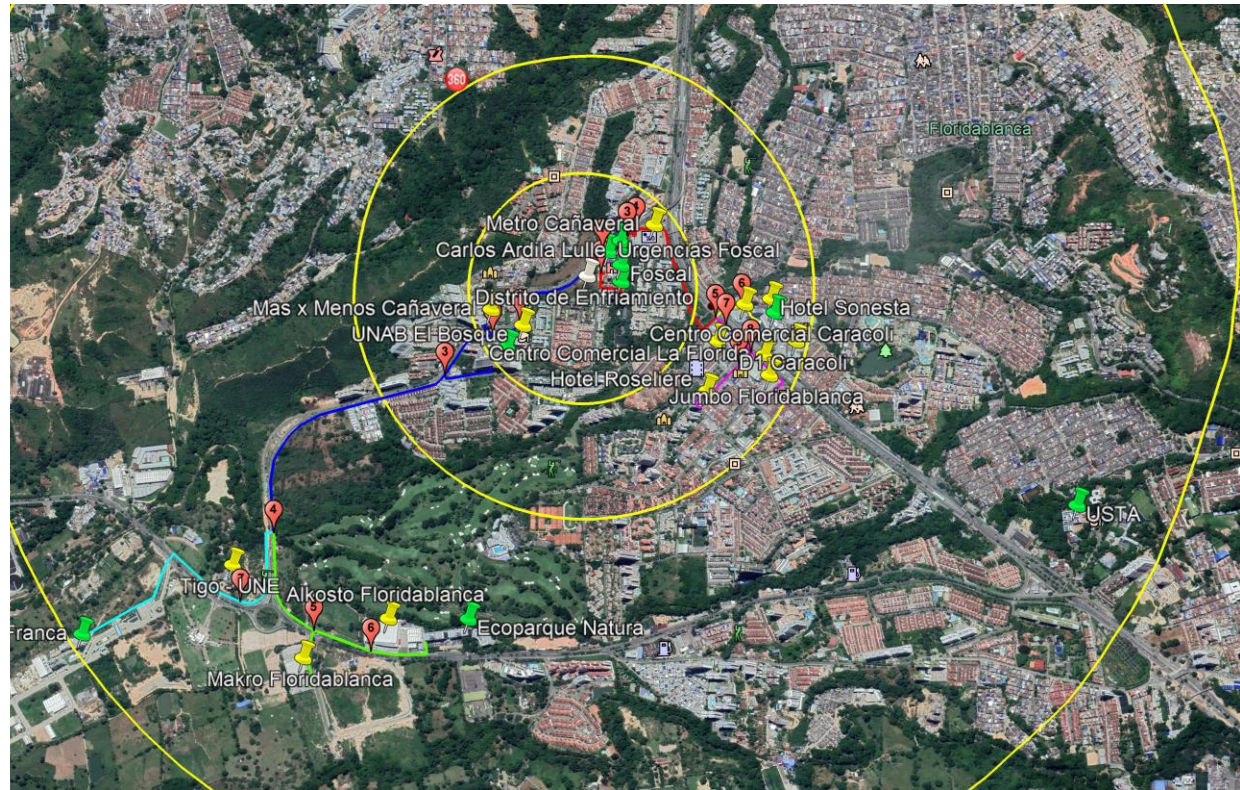


FASE 4



ETAPAS DE IMPLEMENTACIÓN

Empresas	Carga Enfriamiento [TR]
Foscal Internacional	3.562,40
Foscal	1.591,15
Carlos Ardila Lulle	640,00
Fundacion Cardiovascular	500,00
UNAB El Bosque	300,00
Metro Cañaverál	122,35
Mas x Menos Cañaverál	12,01
Caracoli	890,00
Cañaverál	568,40
La Florida	268,91
Jumbo Floridablanca	194,03
Sonesta	333,93
Roseliere	156,18
Movistar Cañaverál	39,87
Makro Floridablanca	125,00
Alkosto Floridablanca	254,69
Ecoparque Natura	2.300,00
Zona Franca	521,82
Tigo - UNE	150,00

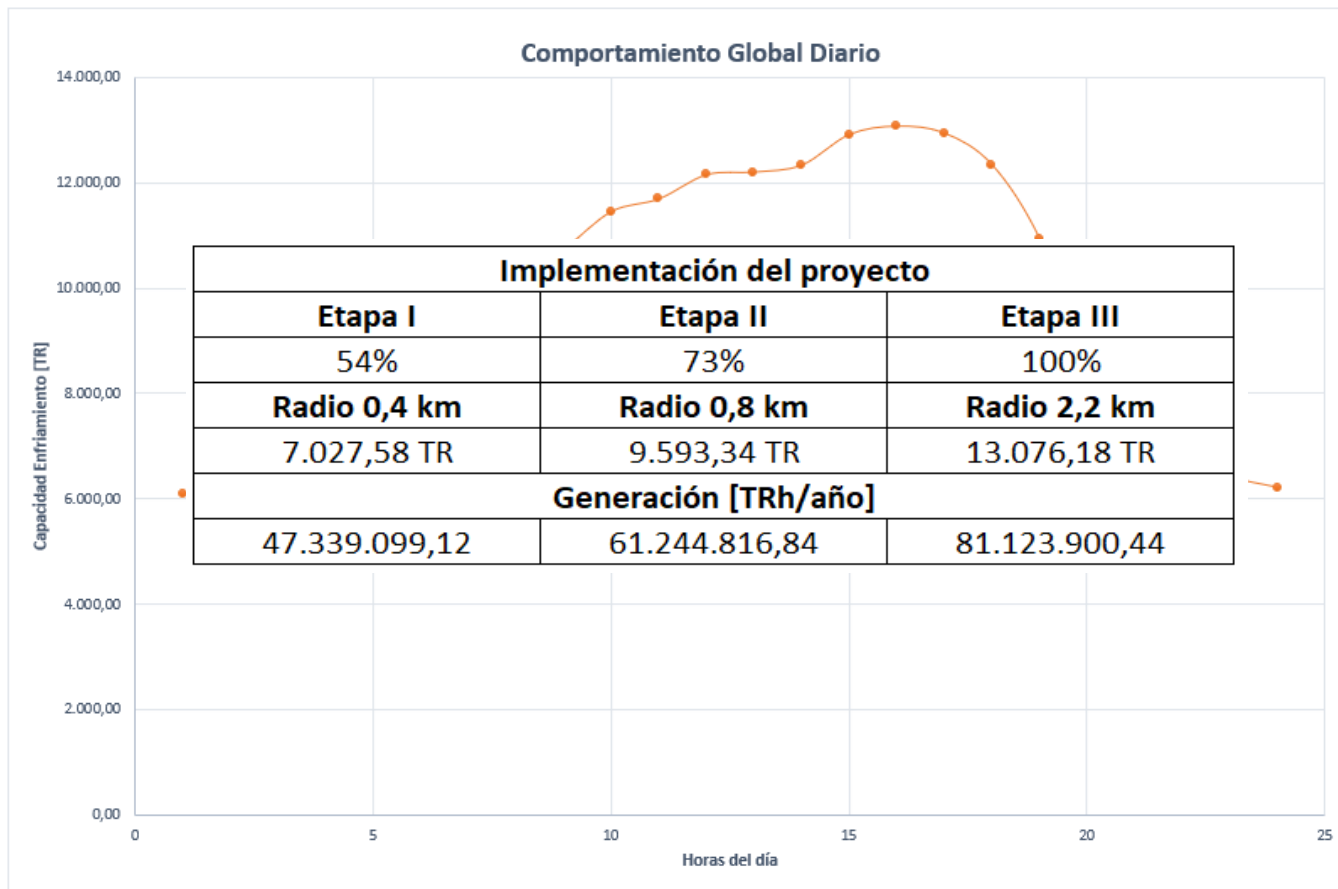


LUGAR DE INSTALACIÓN DE LA PLANTA

- Lote perteneciente a la administración de Floridablanca.
- Cuenta con algo más de 10.000 m².
- POT 2018 - 2030 establece que este espacio es para uso dotacional, donde se puede desarrollar la actividad de un distrito de enfriamiento (CIU 3530).
- Las coordenadas de este espacio son: **7,072998 N - 73,111055 W**.



PERFIL DE COMPORTAMIENTO GLOBAL



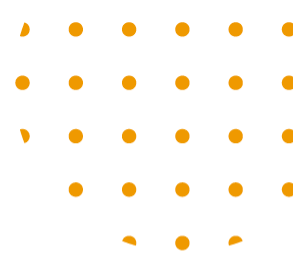
ÁREA REQUERIDA POR EL DISTRITO

- Equipos de enfriamiento: 911,08 m².
- Torres de enfriamiento: 652,96 m².
- Sistema de bombeo: 388,74 m².
- Sistema eléctrico y control: 655,99 m².

2 pisos de 1.100 m²

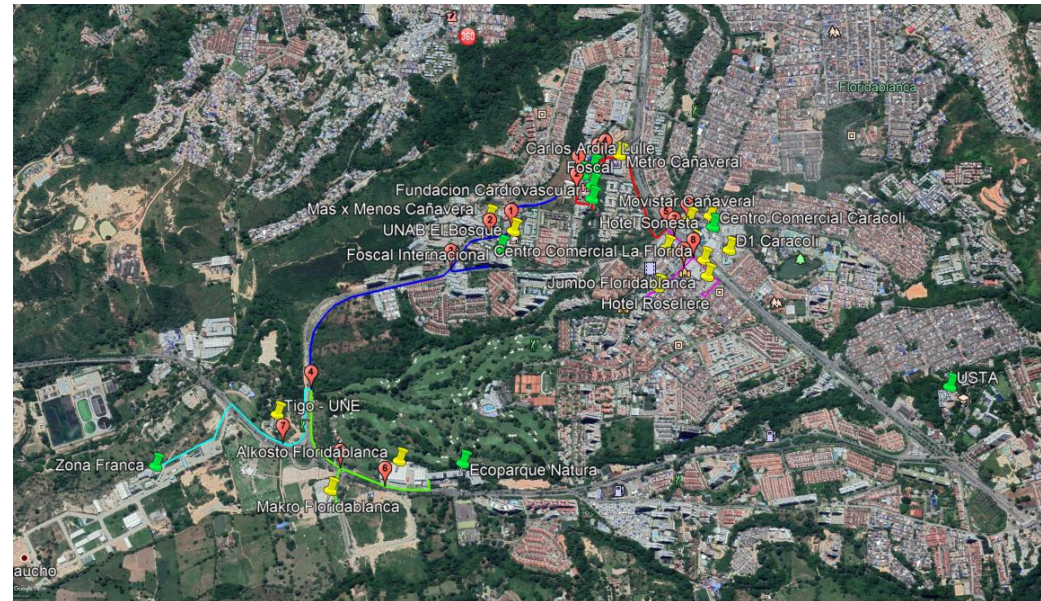


SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE ENFRIAMIENTO

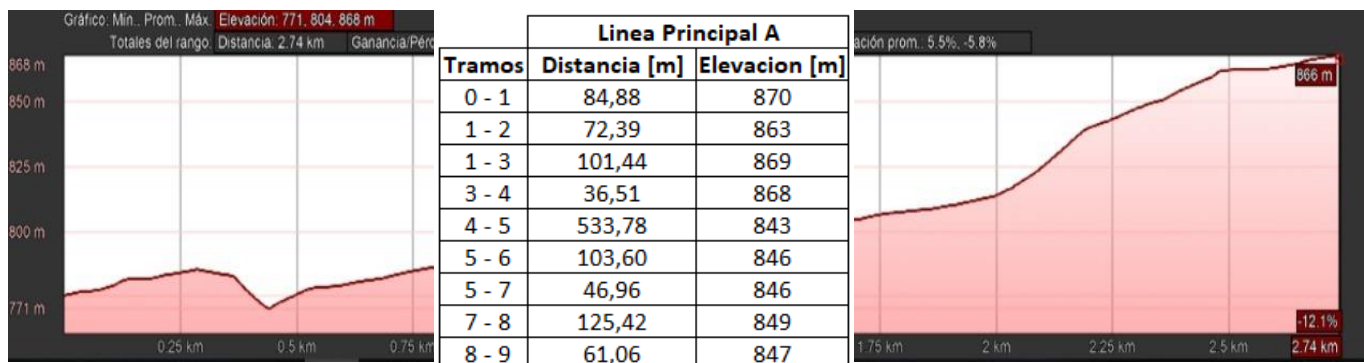
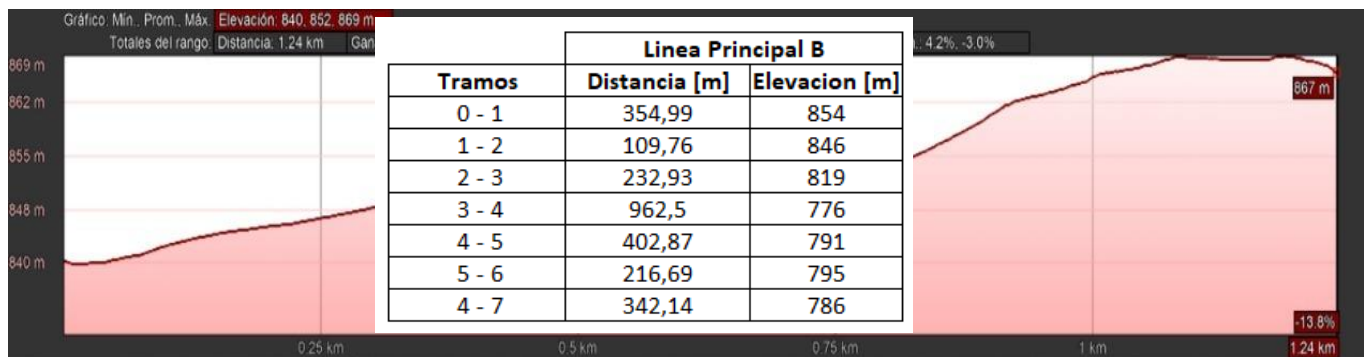


Linea Principal B				
Empresas	Diametro [mm]	Flujo [m3/s]	Diametro Real [mm]	Velocidad [m/s]
UNAB El Bosque	168,3880	0,0468	184,683	1,7458
Mas x Menos Cañaveral	33,8593	0,0019	35,560	1,9039
Foscal Internacional	583,1826	0,5609	513,842	2,7050
Linea BV				
Makro Floridablanca	108,5488	0,0194	96,368	2,6644
Alkosto Floridablanca	154,9438	0,0396	141,859	2,5053
Ecoparque Natura	466,2453	0,3585	428,244	2,4892
Linea BC				
Tigo - UNE	119,0683	0,0234	119,088	2,0993
Zona Franca	222,0814	0,0813	230,175	1,9549

Linea Principal B				
Tramos	Diametro [mm]	Flujo [m3/s]	Diametro Real [mm]	Velocidad [m/s]
0 - 1	828,417	1,132	770,788	2,426
1 - 2	811,123	1,085	770,788	2,326
2 - 3	810,416	1,083	770,788	2,321
3 - 4	562,737	0,522	513,842	2,519
4 - 5	503,165	0,418	471,018	2,396
5 - 6	491,317	0,398	428,244	2,764
4 - 7	251,987	0,105	230,175	2,517
8 - 9	201,083	0,067	184,683	2,490



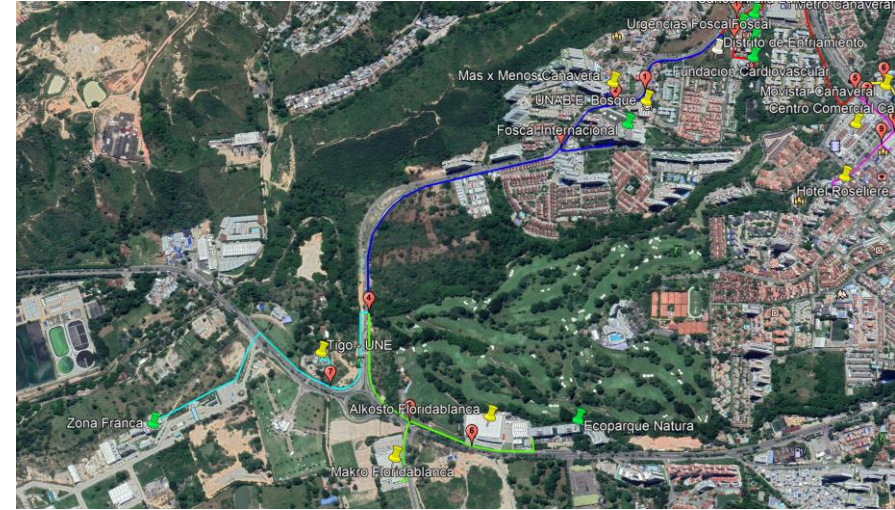
PERDIDAS DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN



PERDIDAS DE CARGA DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN



Línea A: **52,4466 metros** de cabeza



Línea B: **58,7751 metros** de cabeza

Perdida de carga en el **Intercambiador**
de **0,7 kg/cm²** o **7 metros** de cabeza

FACTOR DE GANANCIA

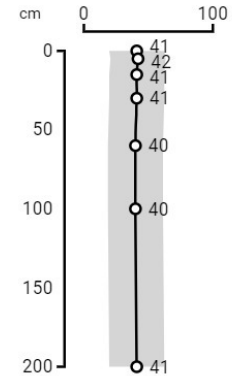
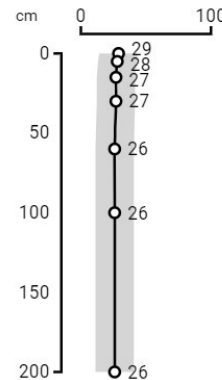
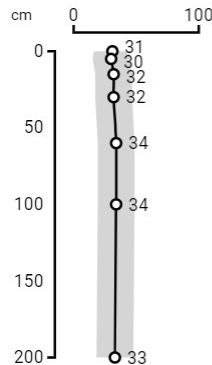
	Clay	Silt	Sand
1	33%	25%	42%
2	32%	24%	44%
3	29%	25%	46%
4	31%	25%	44%
5	30%	25%	45%
6	36%	25%	38%
7	34%	26%	41%
8	27%	30%	43%
9	27%	30%	43%
10	24%	29%	46%
11	24%	29%	46%
12	24%	28%	48%
13	25%	28%	46%
14	28%	26%	46%
15	28%	27%	46%
16	29%	26%	46%
17	29%	26%	46%
18	27%	28%	44%
19	29%	26%	46%
20	28%	26%	47%
21	28%	26%	47%
	29%	27%	45%



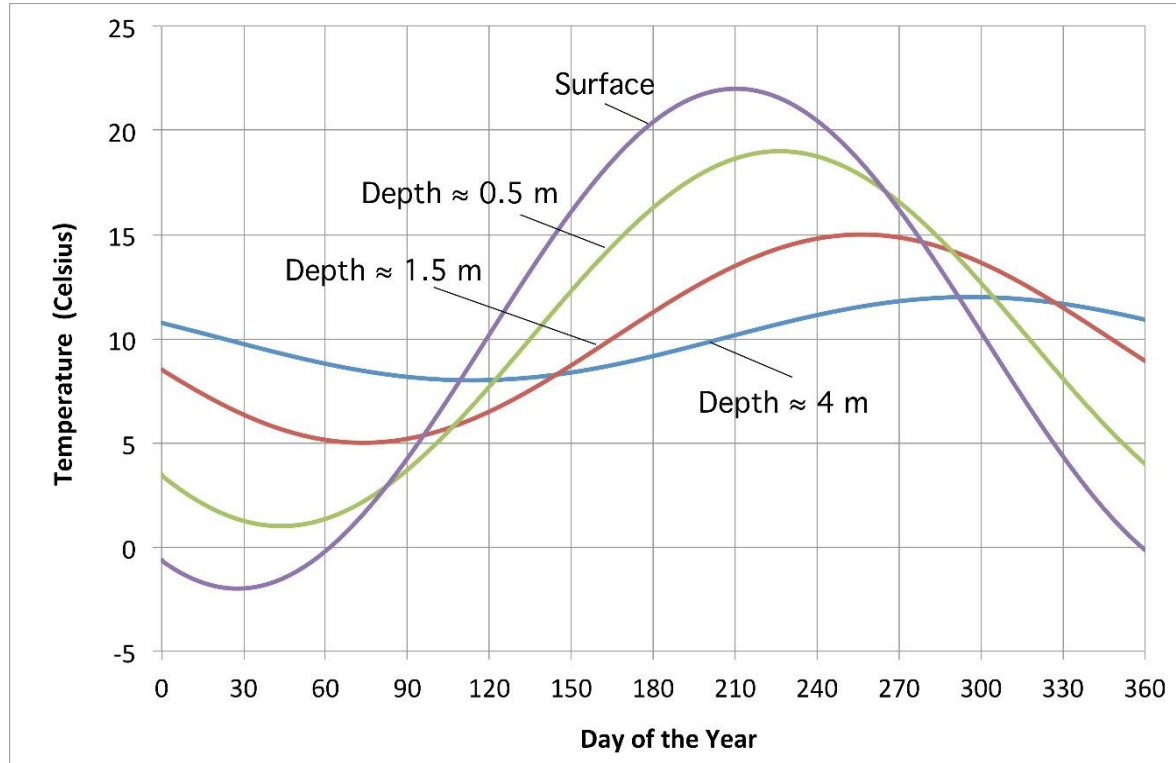
Soil texture fraction clay in percent (CLYPPT)

Soil texture fraction silt in percentage (SLTPPT)

Soil texture fraction sand in percentage (SNDPPT)



Conductividad del suelo = 1,4703 W/m°C





Ganancia total de calor en el sistema de distribución es **52,0271 TR.**

ENFRIADORES

YORK YZ CON COGINETES MAGNÉTICOS

es un enfriador de última generación que ha desarrollado YORK, esta nueva tecnología cuenta con rodamientos magnéticos y refrigerante R-1233zd, esta combinación de elementos lo hace más eficiente y a lo largo de su vida útil más económico, ya que otras tecnologías en mantenimiento puede llegar a costar hasta 120% mientras que el YZ no alcanza el 10%.

Capacidad: 1.425 TR

Cantidad: 10



EQUIPOS DE BOMBEO



GRUDFOS NBGE y NK son bombas de selección para la impulsión de agua fría a la red de distribución de agua fría, están diseñadas para las condiciones de trabajo establecidas del sistema, operando en puntos de alta eficiencia.

Punto de operación estimado:

Línea	Referencia	Caudal [m³/h]	Cabeza [m]	Eficiencia %	Cantidad
Torres	NBGE	412,1	10,8	72,5	21
B	NK	598,5	60,12	82,9	7
A	NKG	587,6	53,84	81,4	6

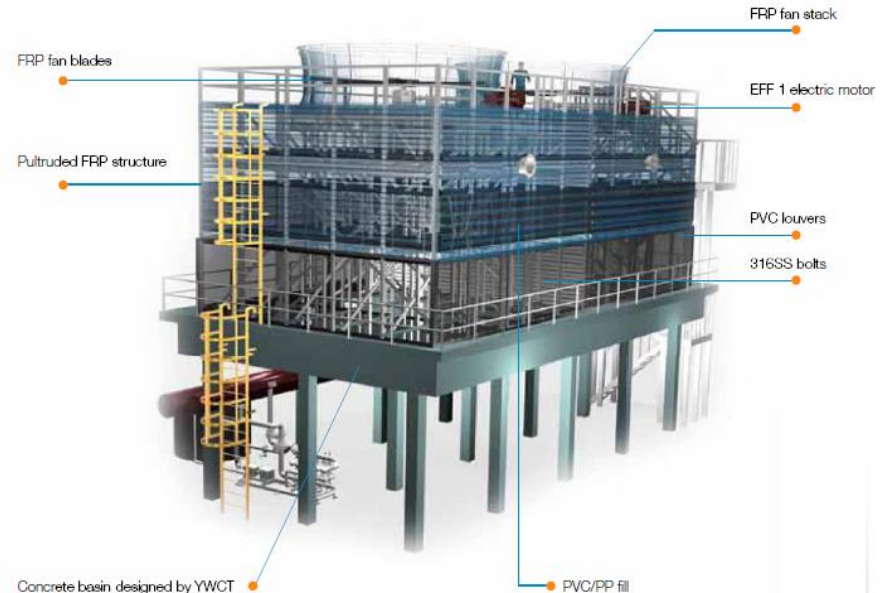


TORRES DE ENFRIAMIENTO

YWCT MODELO FRPP SERIES, es un tipo de torre de enfriamiento usado comúnmente para la industria del petróleo, farmacéutica plantas de generación y grandes sistemas de aire acondicionado, cuenta con modelos de capacidades que van desde las 1.150 hasta 6.613 TR. Su modo de operación es contraflujo.

Capacidad: 2,150 TR

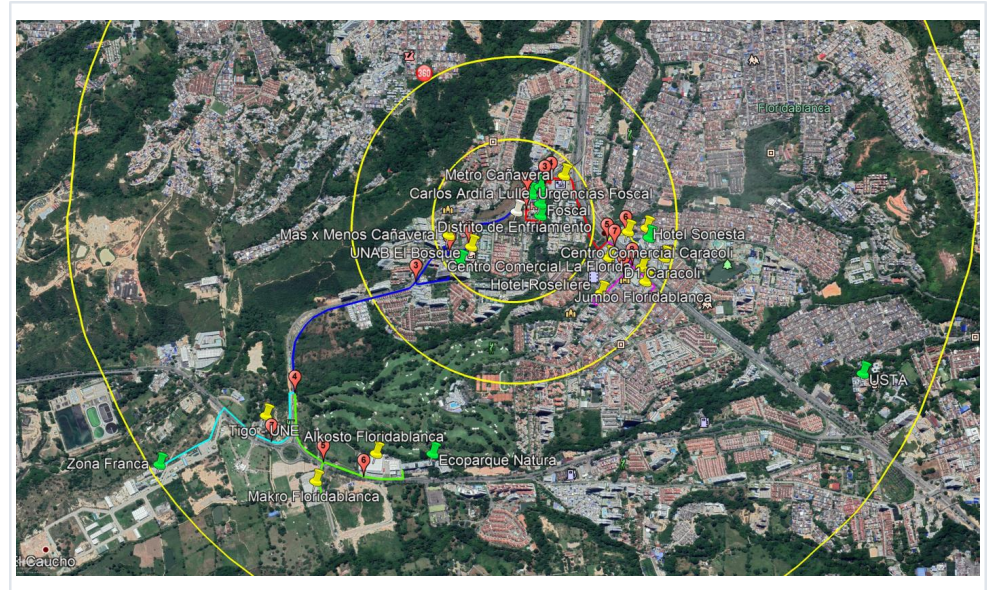
Cantidad: 8



DIMENSIONAMIENTO GLOBAL

	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3
Equipos de enfriamiento	5	7	10
Torres de enfriamiento	5	6	8
Bombas sist. distribución	7	10	13
Bombas de torres	11	15	21

Factor de Planta de **70,82%** y un Índice de Desempeño Global de **0,7142 kW/TR**



COMPORTAMIENTO GLOBAL



Tiempo	Generacion de Enfriamiento [TR]	Cantidad Equipos Enfriamiento	Cantidad Torres de Enfriamiento	Cantidad Bombas Torres de Enfriamiento	Cantidad Bombas Sistema Distribucion Linea A	Cantidad Bombas Sistema Distribucion Linea B
1	6.082,75	5	4	10	3	4
2	6.053,58	5	4	10	3	4
3	5.757,01	5	4	9	3	3
4	5.557,74	4	4	9	3	3
5	5.701,59	5	4	9	3	4
6	6.202,45	5	4	10	3	4
7	8.328,61	6	5	13	3	5
8	10.109,35	8	6	16	4	6
9	10.734,68	8	7	17	4	6
10	11.455,06	9	7	18	5	7
11	11.695,58	9	7	18	5	7
12	12.154,08	9	8	19	5	7
13	12.204,49	9	8	19	5	7
14	12.336,76	9	8	19	5	7
15	12.918,18	10	8	20	5	7
16	13.076,19	10	8	21	6	7
17	12.943,81	10	8	20	5	7
18	12.341,01	9	8	19	5	7
19	10.939,21	8	7	17	5	6
20	8.642,11	7	6	14	4	5
21	7.661,59	6	5	12	4	4
22	6.728,50	5	4	11	3	4
23	6.412,64	5	4	10	3	4
24	6.220,29	5	4	10	3	4

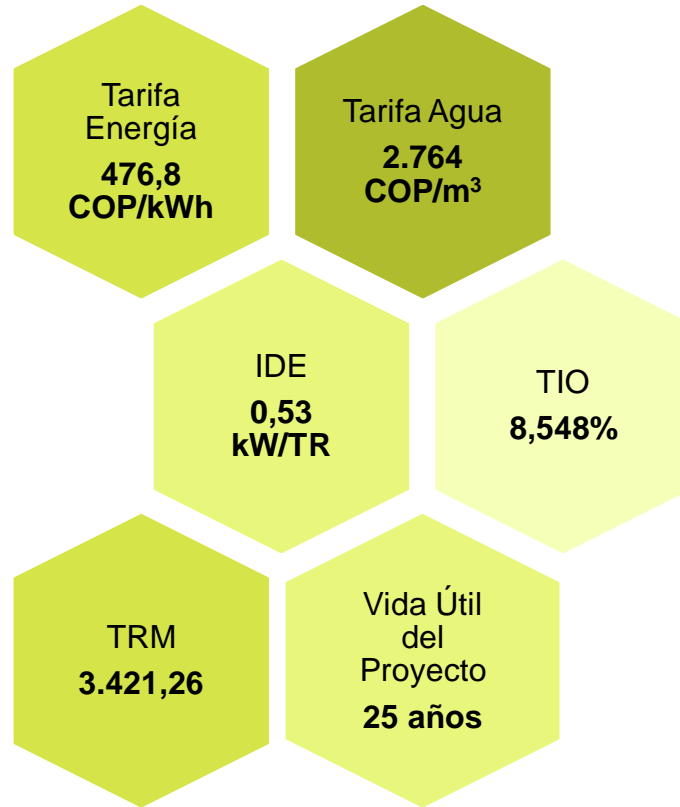
FASE 5



SUPOSICIONES PARA EL FLUJO DE CAJA

- Todos los usuarios previstos para cada fase se conectan.
- Los usuarios consumen lo que declararon en la encuesta, los demás consumen lo calculado.
- Todas las TRh generadas se venden.

DATOS USADOS PARA EL FLUJO DE CAJA



ETAPA 1

- Inversión: 49.848.148.850 COP
- Capacidad instalada: 7.027 TR
- Factor de planta: 0,769
- TRh/año producidas: 47.339.099

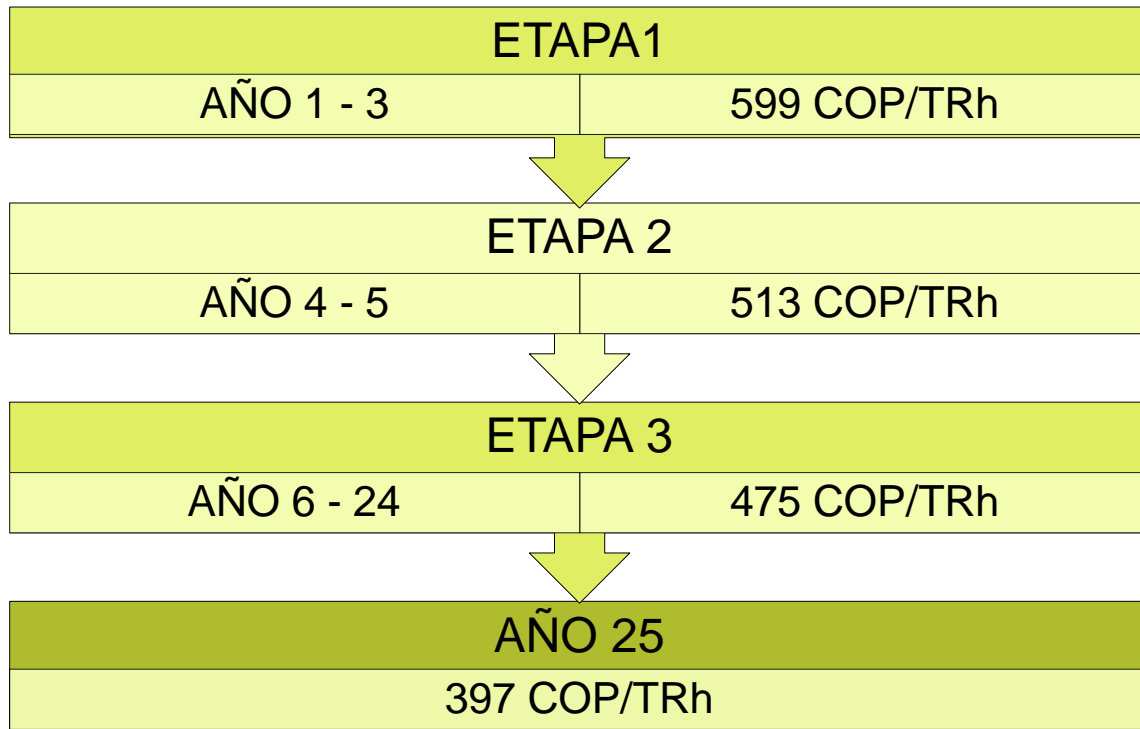
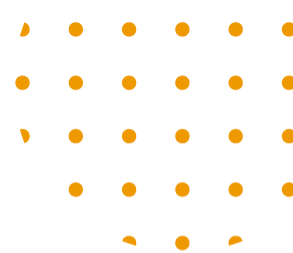
ETAPA 2

- Inversión: 17.907.366.760 COP
- Capacidad instalada: 9.593 TR
- Factor de planta: 0,7288
- TRh/año producidas: 61.244.816

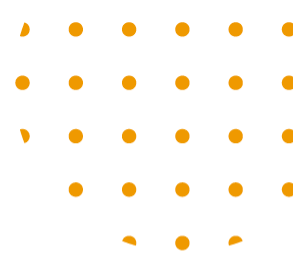
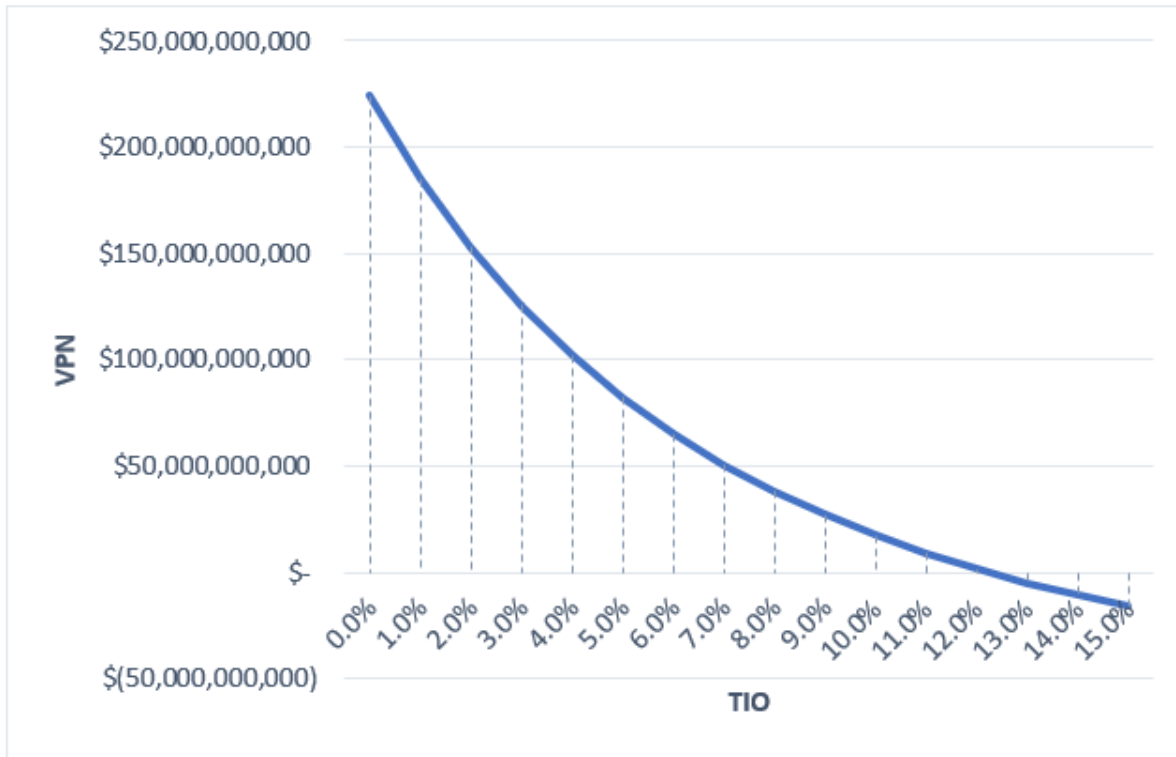
ETAPA 3

- Inversión: 24.308.044.623 COP
- Capacidad instalada: 13.076 TR
- Factor de planta: 0,7082
- TRh/año producidas: 81.123.900

COSTO NIVELADO DE LA TRh (LCoTRh)



VPN
31.130.845.681
COP



CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES



1. El desconocimiento de las empresas sobre los distritos energéticos obstaculizó, alargó e impidió que el proyecto se desarrollaran con información más detallada. En algunos casos, los contactos de primera instancia no reportaron interés a sus superiores por lo que no fue escalado el proyecto, en otros, el personal contaba con la disposición de cooperar pero nunca hubo respuesta de sus superiores.
2. Una vez conocida la carga de enfriamiento de las 6 empresas, se realizó una comparación con la información del inventario pudiendo observar que dicha carga varía respecto a la real, por lo que se presume que la conceptualización del distrito tiene mayor capacidad de lo que realmente necesita.
3. A pesar de que la conceptualización técnica del distrito se hace asumiendo que los equipos operan al 100% de su capacidad, se espera que realmente operen entre 70% a 80% debido al margen de error de los factores de carga.
4. La viabilidad de un distrito de enfriamiento en la zona del el Bosque en Floridablanca es posible gracias a que grandes sistemas de climatización se encuentran concentradas en un radio menor de 0,8 km, sus horas de uso son en su mayoría 24 horas y que cuentan con sistemas de agua centralizada o sistemas de expansión directa centralizada, lo que permite que la adaptación de su infraestructura no requiere de grandes inversiones.

5. Los usuarios de diversas actividades económicas mejoran el perfil de carga del distrito de enfriamiento debido a que sus picos de demanda se encuentran en diferentes horas del día. Por lo que contar con los sectores administrativos y comerciales fue importante.
6. La cantidad de equipos instalados en el distrito permiten a este operar flexiblemente frente a cambios de carga, y así operar de manera fácil en puntos de mayor eficiencia.
7. El indicador energético global del distrito conceptualizado de 0,7143 kW/TR lo que logra clasificarlo entre los mejores según el indicador presentado por la ASHRAE de diferentes distritos.
8. Los precios de la tonelada de refrigeración por hora de este proyecto permiten que sea competitivo respecto a otros estudios ya realizados en la región, siendo para la última etapa 475 COP/TRh.
9. El distrito de enfriamiento conceptualizado para el municipio de Floridablanca es viable técnica y financieramente bajo las condiciones de operación dadas.

BIBLIOGRAFÍA



- [1] ASHRAE, «District cooling guide second edition,» 2019.
- [2] EPM-UTO-MINAMBIENTE-SECO, «Distritos térmicos Colombia,» 2016.
- [3] Gobierno Colombiano y Programa de las Naciones Unidas, «Segundo reporte bienal de actualización de Colombia,» 2018.
- [4] IDEA - EMPOWER, «District Cooling: A climate solution,» 2016.
- [5] IDEAM, «Inventario nacional y departamental de gases efecto invernadero - Colombia,» 2016.
- [6] IDEAM, «Nuevos escenarios de cambio climático para Colombia 2011 - 2100,» 2015.
- [7] NASA, «Global climate change: Vital signs of the planet,» [En línea]. Available: <https://climate.nasa.gov/>.
- [8] NASA, «The greenhouse effect,» [En línea]. Available: https://climate.nasa.gov/climate_resources/188/graphic-the-greenhouse-effect/.
- [9] A. Olama, «District cooling theory and practice,» 2017.
- [10] UPME, «Plan de acción indicativo de eficiencia energética 2017 - 2022,» 2016.
- [11] UTO, «Panorama ambiental y energético del uso de aire acondicionado en edificaciones,» 2014.

¡GRACIAS!

 @unab.online ·  @unab_online ·  @unab_online



unab
UNIVERSIDAD NACIONAL
BACHILLERATO