

**ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE INDICADORES AMBIENTALES PARA LA
GESTIÓN DE FLUJOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN EN EL
DEPARTAMENTO DE RISARALDA. UNA MIRADA DESDE EL METABOLISMO
URBANO**

**CRISTIAN EDUARDO DUQUE LARGO
JULIAN ESTEBAN CARVAJAL VELASCO**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
PROGRAMA DE ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL**

2016

**ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE INDICADORES AMBIENTALES PARA LA
GESTIÓN DE FLUJOS DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN EN EL
DEPARTAMENTO DE RISARALDA. UNA MIRADA DESDE EL METABOLISMO
URBANO**

CRISTIAN EDUARDO DUQUE LARGO

JULIAN ESTEBAN CARVAJAL VELASCO

Trabajo de Grado presentado como Requisito para optar al título

De Administrador Ambiental

DIRECTOR

MANUEL TIBERIO FLÓREZ CALDERÓN

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

PROGRAMA DE ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL

2016

Nota de aceptación

Presidente del jurado

Jurado

Jurado

Pereira, Junio de 2016

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer en primer lugar a Dios por permitirnos culminar satisfactoriamente nuestros estudios, a nuestras familias por darnos la oportunidad de educarnos, por apoyarnos en todo momento y por los valores que nos han inculcado en el transcurso de nuestras vidas.

Queremos agradecer particularmente a nuestro guía durante el desarrollo del proyecto Manuel Tiberio Flórez Calderón y personalmente al profesor Juan Carlos Sierra por su colaboración en algunos aspectos referentes a los dos métodos planteados.

A el Observatorio Ambiental Urbano Regional de Risaralda y al grupo de investigación en Gestión Ambiental Territorial-GAT bajo la dirección de Tito Morales Pinzón.

Contenido

RESUMEN.....	11
INTRODUCCIÓN.....	14
JUSTIFICACIÓN.....	15
DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	17
OBJETIVOS.....	18
OBJETIVO GENERAL.....	18
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
ESTADO DEL ARTE.....	19
METABOLISMO URBANO.....	19
ANÁLISIS METABOLISMO DE FLUJO DE MATERIALES, CASOS DE ESTUDIO.....	21
MARCO DE REFERENCIA.....	33
MARCO TEÓRICO.....	33
MARCO LEGAL.....	43
METODOLOGÍA.....	47
DEFINICIÓN DEL TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	47
RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	47
FUENTES DE RECOLECCIÓN.....	47
TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN.....	47
MÉTODO 1: MÉTODO PARA PROYECCIÓN GEO ESTADÍSTICA DE LA EXPANSIÓN URBANA EN PEQUEÑOS MUNICIPIOS.....	48
FASE 1: Selección de puntos, captura y almacenamiento de imágenes a través de Google Earth-pro.....	49
FASE 2: Georreferenciación.....	52
FASE 3: Elaboración de Polígonos.....	59
FASE 4: Áreas.....	64
MÉTODO 2: DELIMITACIÓN DE ÁREAS URBANAS CON IMÁGENES SATELITALES Y HERRAMIENTAS GRATUITAS.....	66
RESULTADOS.....	71
DESPACHO DE CEMENTO EN RISARALDA ENTRE EL AÑO 1996-2015.....	71

ÁREA (m ²) LICENCIADA PARA CONSTRUCCIÓN EN RISARALDA 1998-2015	73
CONSUMO DE CEMENTO POR MUNICIPIOS	74
PEREIRA RISARALDA	76
DOSQUEBRADAS RISARALDA	78
RESULTADOS EN OTROS MUNICIPIOS DE RISARALDA	79
MÉTODO 1: MÉTODO PARA PROYECCIÓN GEO ESTADÍSTICA DE LA EXPANSIÓN URBANA EN PEQUEÑOS MUNICIPIOS.....	79
MÉTODO 2: DELIMITACION DE AREAS CON IMÁGENES SATELITALES Y HERRAMIENTAS GRATUITAS.....	106
COMPARACIÓN ENTRE MÉTODOS.....	116
CONCLUSIONES	123
RECOMENDACIONES	127
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	128
ANEXOS.....	135

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Normas y leyes en contexto	43
Tabla 2 Errores promedio por municipio	49
Tabla 3 Estándares de consumo que se presentan en Colombia según los sistemas constructivos.....	75

LISTA DE GRAFICAS

Gráfica 1 Despacho total de cemento gris Risaralda (1996-2015).....	71
Gráfica 2 Despacho de cemento gris (Risaralda) según su canal de distribución .	72
Gráfica 3 Área (m ²) Licenciada para construcción en Risaralda (1998-2015)	73
Gráfica 4 Distribución (%) uso de los sistemas constructivos en Colombia.....	75
Gráfica 5 Licenciamiento de viviendas en Pereira según estrato (m ²).....	76
Gráfica 6 Consumo de cemento para Pereira según el tipo de construcción.	77
Gráfica 7 Consumo total de cemento en Pereira (2005-2015).....	78
Gráfica 8 Cemento consumido según tipo de construcción para Dosquebradas...	79
Gráfica 9 Consumo de Cemento en Apía (2014-2015).....	82
Gráfica 10 Consumo de Cemento según tipo de construcción (Apía)	83
Gráfica 11 Consumo de Cemento en Belén de Umbría (2014-2015)	86
Gráfica 12 Consumo de Cemento según tipo de construcción (Belén de Umbría)	87
Gráfica 13 Consumo de Cemento en Marsella (2014-2015).....	91
Gráfica 14 Consumo de Cemento según tipo de construcción (Marsella)	92
Gráfica 15 Consumo de Cemento en Mistrató (2005-2015)	96
Gráfica 16 Consumo de Cemento según tipo de construcción (Mistrató)	97
Gráfica 17 Consumo de Cemento en Quinchía (2005-2016).....	100
Gráfica 18 Consumo de Cemento según tipo de construcción (Quinchía)	101
Gráfica 19 Consumo de Cemento en Santa Rosa de Cabal (2014-2015)	105

Gráfica 20 Consumo de Cemento según tipo de construcción (Santa Rosa de Cabal)	105
Gráfica 21 Consumo de Cemento en Balboa (2013-2015)	108
Gráfica 22 Consumo de Cemento según tipo de construcción (Balboa).....	109
Gráfica 23 Consumo de Cemento en Guática (2005-2015).....	111
Gráfica 24 Consumo de Cemento según tipo de construcción (Guática)	112
Gráfica 25 Consumo de Cemento en Santuario (2014-2015).....	115
Gráfica 26 Consumo de Cemento según tipo de construcción (Santuario)	116
Gráfica 27 Consumo de Cemento en La Virginia (2007-2016)	119
Gráfica 28 Consumo de Cemento según tipo de construcción (La Virginia)	120

LISTA DE MAPAS

Mapa 1 Apía Risaralda 2014 con polígono	80
Mapa 2 Apía Risaralda 2015 con polígono	81
Mapa 3 Apía superposición de polígonos	82
Mapa 4 Belén de Umbría 2014 con polígono.....	84
Mapa 5 Belén de Umbría 2015 con polígono.....	85
Mapa 6 Superposición de polígonos.....	85
Mapa 7 Marsella 2014 con polígono	88
Mapa 8 Marsella 2015 con polígono	89
Mapa 9 superposición de polígonos	90
Mapa 10 Mistrató 2005 con polígono.....	93
Mapa 11 Mistrató 2015 con polígono.....	94
Mapa 12 superposición de polígonos	95
Mapa 13 Quinchía 2005 con polígono	98
Mapa 14 Quinchía 2016 con polígono	99
Mapa 15 superposición de polígonos	100
Mapa 16 Santa Rosa 2014 con polígono.....	102
Mapa 17 Santa Rosa 2015 con polígono.....	103

Mapa 18 superposición de polígonos	104
Mapa 19 Balboa 2013 con polígono	107
Mapa 20 Balboa 2015 con polígono	108
Mapa 21 Guática 2005 con polígono	110
Mapa 22 Guática 2015 con polígono	111
Mapa 23 Santuario 2014 con polígono	113
Mapa 24 Santuario 2015 con polígono	114
Mapa 25 La Virginia 2007 con polígono.....	117
Mapa 26 La Virginia 2016 con polígono.....	118
Mapa 27 Superposición de Mapas.....	119
Mapa 28 La Virginia 2007 con polígono (método 2)	121
Mapa 29 La Virginia 2016 con polígono (método 2)	122

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 Despacho total de cemento gris, Risaralda (1996-2015).....	135
Anexo 2 Área (m ²) licenciados para construcción en Risaralda (1998-2015)	136
Anexo 3 Licenciamiento de viviendas en Pereira según estrato (m ²)	137
Anexo 4 Cantidad de cemento consumido en Pereira según tipo de construcción (2005-2015).	138
Anexo 5 Cantidad de Cemento consumido en Dosquebradas según tipo de construcción (2005-2015).	139
Anexo 6 Cantidad de Cemento consumido en Apia según tipo de construcción .	140
Anexo 7 Cantidad de Cemento consumido en Belén de Umbría según tipo de construcción.....	140
Anexo 8 Cantidad de Cemento consumido en Marsella según tipo de construcción	141
Anexo 9 Cantidad de Cemento consumido en Mistrató según tipo de construcción	141

Anexo 10 Cantidad de Cemento consumido en Quinchía según tipo de construcción.....	142
Anexo 11 Cantidad de Cemento consumido en Santa Rosa de Cabal según tipo de construcción.....	142
Anexo 12 Cantidad de Cemento consumido en Balboa según tipo de construcción	143
Anexo 13 Cantidad de Cemento consumido en Guática según tipo de construcción	143
Anexo 14 Cantidad de Cemento consumido en Santuario según tipo de construcción.....	144
Anexo 15 Cantidad de Cemento consumido en La Virginia según tipo de construcción.....	144
Anexo 16 Áreas por polígonos, crecimiento (m ²), % de crecimiento	145

RESUMEN

La actual vocación constructiva que se vive en el país ha implicado que la demanda de materiales de construcción aumente constantemente , hecho que no es ajeno a los municipios del departamento de Risaralda, por tal motivo la Universidad Tecnológica de Pereira representada por el grupo de investigación en Gestión Ambiental Territorial (GAT) y el Observatorio Ambiental Urbano Regional de Risaralda, creó una plataforma en la cual se presenta información pertinente acerca de los flujos de entrada- intermedios y de salida relacionados con varios temas específicos, que para el caso de estudio son los materiales de construcción.

Para el desarrollo del proyecto se indagaron las diferentes entidades encargadas del manejo de la información correspondiente al tema, hecho que llevó a la conclusión de que para el departamento de Risaralda no se cuenta con la información mínima necesaria referente al tema en cuestión (materiales de construcción).

Tras este suceso la investigación se encaminó a brindar posibles soluciones a los vacíos informativos presentados en la región, para esto se planteó un método de “PROYECCIÓN GEO ESTADÍSTICA DE LA EXPANSIÓN URBANA EN PEQUEÑOS MUNICIPIOS”, el cual permite representar información histórica de los cambios en las áreas urbanas de cada municipio del departamento mediante herramientas gratuitas como Google Earth.

Este método, presenta algunas fallas debido a la baja resolución de las imágenes o a los pocos años presentes para cada municipio, por tal motivo se planteó un método alternativo llamado “DELIMITACIÓN DE ÁREAS URBANAS CON IMÁGENES SATELITALES Y HERRAMIENTAS GRATUITAS” que se desarrolló directamente desde Google Earth-pro mediante una comparación cuantitativa de las áreas arrojadas por los polígonos urbanos creados para cada municipio.

Como resultado, desde estos métodos, se pudo realizar una aproximación al cálculo y análisis del porcentaje de crecimiento en el territorio y un valor

aproximado al consumo de materiales de construcción que se ha demandado para cada uno de los pequeños municipios del departamento de Risaralda.

ABSTRACT

The real constructive vocation live in the country has meant that the demand of construction materials increases constantly, a fact that is no stranger to the municipalities in the Department of Risaralda, for this reason in the Technological University of Pereira represented by the Research Group in Territorial Environmental Management (GAT) and the regional Environmental Urban Observatory Risaralda, created a platform on which information flows acerca Pertinente of intermediate input-related and output Several Specific Issues presented para's case study Building Materials child.

Development Project Different Entities Management information for the subject, fact which led to the conclusion that for the Department of Risaralda do not have information concerning Minimum Necessary to the subject matter f (materials were investigated construction).

After this event the research was directed to provide v Possible solutions to information gaps presented in the region, for this a method was proposed, "PROJECTION GEO STATISTICS URBAN EXPANSION ON SMALL MUNICIPALITIES" which is used to represent historical information Changes in urban areas of each municipality in the department Using Free Tools Like Google Earth.

This method has some flaws due to the low resolution of the images or a few images Presents Each municipality, for that reason an alternate method is proposed called "Delimitation of Urban Areas satellite images and Free Tools" held Directly from Google earth-pro by quantitative comparison of urban areas dropped by polygons created for Each municipality.

As a result, since these methods, it could make an approach to the calculation and analysis of the percentage of growth in the territory and a value approximate to the consumption of building materials has been demanded for each of the small municipalities of the department of Risaralda.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo urbano está acompañado por las actividades humanas y relacionadas principalmente con el agotamiento de los recursos naturales y la contaminación ambiental, de los sistemas naturales.

Las ciudades en el tiempo han tenido prioridades y se han enfocado en diferentes temas, las ciudades antiguas tenían como prioridad obtener la energía o el poder para el transporte y la producción, un poco más complejo es ahora que las ciudades modernas requieren de mayores cantidades de energía para el transporte de bienes, la producción, construcción de edificaciones e infraestructura y además para comodidad doméstica, poniendo bajo presión los bienes y servicios de los ecosistemas que se encuentran cerca de los centros urbanos, intensificando la degradación ambiental.

Con el aceleramiento en los procesos de urbanización y el crecimiento poblacional, ha surgido la necesidad de realizar estudios e investigaciones en lo que comprende los flujos metabólicos de materiales, analizando las entradas, almacenamientos y salidas en los sistemas urbanos. La idea de encontrar ciudades sustentables o ciudades verdes creando zonas de interés ambiental se plantea para contrarrestar el impacto ambiental que han generado en sus territorios, acumulando desechos en las fuentes hídricas y las fronteras municipales.

JUSTIFICACIÓN

Las diversas dinámicas y relaciones que se presentan a diario en las ciudades, asociadas con su crecimiento y desarrollo, generan presiones sobre los recursos naturales de los cuales dependen. Estas relaciones se asocian también con la degradación ambiental en los territorios, configurando problemáticas ambientales que aportan a la vulnerabilidad de los sistemas humanos.

Partiendo de esto, es importante comprender la dinámica de oferta y demanda de recursos naturales, y su incidencia en el desempeño ambiental de los sistemas urbanos; siendo necesario para ello percibir la ciudad como un ecosistema dinámico, complejo y con múltiples interrelaciones.

El metabolismo urbano es un enfoque que ayuda a comprensión y planificación de los territorios, en busca de su sostenibilidad, a partir del estudio de los flujos de energía y materiales que en ellos se presentan, considerando los flujos de entrada (relacionados con los insumos y oferta de recursos), los flujos intermedios (relacionados con el consumo y transformación) y de salida (relacionados con desechos o residuos).

El crecimiento poblacional que se presenta en las ciudades, ha llevado a que la demanda de infraestructura sea cada vez mayor, lo que implica que las ciudades busquen expandirse o densificar para garantizar la satisfacción de necesidades de la sociedad. La construcción de viviendas y vías aumenta con el pasar del tiempo, de este modo el consumo de materiales de construcción ha tenido un crecimiento considerable en los últimos años lo que ha causado un incremento en la generación de residuos relacionados con estas actividades.

Desde la Administración Ambiental es importante abordar esta línea investigativa con el fin de ampliar la visión de las dinámicas que se presentan en las urbes para determinar los patrones, comportamientos y tendencias de los flujos de materiales de construcción. El administrador ambiental por su competencia en el análisis e interpretación de los sistemas complejos (como lo son las ciudades), es idóneo

para la formulación de estrategias que ayuden a la planificación de los territorios desde la dimensión ambiental del desarrollo.

Dentro de esta propuesta se desarrolla una comparación del desempeño ambiental en los municipios del departamento de Risaralda, siendo este un importante avance en materia del metabolismo urbano ya que no se enfoca en un solo municipio sino en todo un departamento como sistema.

La presente propuesta aporta el desarrollo y consolidación del Observatorio Ambiental Urbano Regional de Risaralda, perteneciente al grupo de investigación en Gestión Ambiental Territorial –GAT, de la facultad de Ciencias Ambientales, contando a su vez con su apoyo, experiencia y cobertura en el desarrollo y buen término de este proceso de investigación formativa.

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad el departamento de Risaralda carece de información que permita conocer y evaluar el flujo de materiales en los 14 municipios que conforman su división política. Las dinámicas urbanas y los procesos urbanísticos relacionados con nuevas edificaciones que densifican la estructura urbana de cada municipio, son una causa importante de impactos ambientales sobre los ecosistemas y la red ecológica de los sistemas urbanos.

El metabolismo urbano de materiales ha sido alterado debido a la rápida urbanización, y la construcción de nueva infraestructura y vías municipales en búsqueda del desarrollo, que a su vez contribuye a problemáticas ambientales en cada municipio. El flujo de materiales de construcción específicamente de cemento como principal insumo del desarrollo y crecimiento urbano, requiere un mayor interés por parte de los entes gubernamentales, instituciones y la autoridad ambiental, para establecer registros y datos que sean insumo de la planificación territorial y conocer la cantidad de entradas y consumo de cemento en cada municipio, abordando de esta manera el flujo de materiales de construcción y su dinámica en los sistemas urbanos.

Por lo anterior es de gran importancia realizar un análisis y cuantificación mediante investigaciones respecto al cambio en las zonas urbanas de cada municipio, que permita comprender la relación de los medios naturales y construidos con los flujos de materiales de construcción tales como el cemento.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Evaluar las dinámicas, tendencias y comportamientos de los flujos de Materiales de construcción en el departamento de Risaralda.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Indagar qué información referente a materiales de construcción se encuentra disponible en el Observatorio Ambiental Urbano Regional de Risaralda.
- Actualizar y/o levantar la información pertinente referente a los flujos de materiales de construcción en el departamento de Risaralda.
- Proponer un método mediante el cual se pueda dar una aproximación al consumo de cemento en el departamento de Risaralda.
- Fortalecer el Observatorio Ambiental Urbano Regional de Risaralda - OAUR, del grupo de investigación Gestión Ambiental Territorial de la Facultad de Ciencias Ambientales.

ESTADO DEL ARTE

Para la realización del análisis y evaluación de indicadores ambientales en la gestión de flujos de materiales en el departamento de Risaralda, es necesario tener claridad en el tema de Metabolismo Urbano, haciendo énfasis en el flujo de materiales de construcción, se referencian algunos estudios y autores importantes que desarrollaron metodologías para comprender e interpretar los flujos metabólicos en diferentes ciudades, los cuales se mencionan a continuación.

METABOLISMO URBANO

El estudio del metabolismo en los últimos veinte años ha despertado gran interés en las ciudades, por esta razón (Kennedy, 2010.) menciona dos escuelas principales para abordar el tema del metabolismo urbano, las cuales, aunque surgen en diferente contexto histórico no difieren mucho entre sí, ya que ambas cuantifican los mismos componentes, pero con unidades distintas. La primera es la de ODUM la cual describe el metabolismo en términos de energía¹, y la segunda es la escuela normal del metabolismo urbano que menciona de una forma más concreta los flujos específicos de una ciudad en términos de masa.

De igual forma (Kennedy, 2010.) en su artículo El Estudio del Metabolismo Urbano y Sus Aplicaciones Para el Diseño y La Planificación Urbana desarrolla el concepto de metabolismo urbano y su evolución en el tiempo, teniendo en cuenta su enfoque cuantitativo y haciendo mención al análisis de flujos de materiales (AFM) el cual se empieza a desarrollar durante los años 90s.

A parte de eso se referencia como Wolman en el año (1965) planteó un modelo hipotético de una ciudad americana de aproximadamente un millón de habitantes y con información de su país determinó los flujos que en ella tenían lugar,

¹ Emergía: es la energía útil de un determinado tipo que se ha usado directa o indirectamente en las transformaciones necesarias para generar un producto o un servicio.

identificando los impactos al medio ambiente urbano asociados con el consumo de bienes y la generación de desechos.

Teniendo en cuenta los conceptos a los que hace alusión (Kennedy, 2010.) es interesante resaltar cómo el término ha ido evolucionando en el transcurrir de los años; uno de sus desarrollos más importantes fue planteado por Newman en (1999) el cual formuló un modelo de metabolismo extendido, que incluye indicadores de la salud, el empleo, el ingreso, la educación, la vivienda, el ocio y la comunidad ocupaciones.

El concepto de metabolismo urbano se ha ido desarrollando de tal modo que es relevante conocer la importancia del mismo, para (García, M. 2013) el metabolismo urbano permite tener claridad acerca del comportamiento de la ciudad en cuanto a sus demandas de materia y energía, y los residuos. Ya que contribuye con la Gestión Urbano-Ambiental del territorio, permitiendo la generación de indicadores para la evaluación del desempeño ambiental, y la construcción de un diagnóstico del estado actual del sistema, el planteamiento de posibles escenarios futuros que desde un enfoque metabólico sirvan de herramientas para la toma de decisiones y formulación de políticas públicas en torno a la presión que ejerce la ciudad sobre los recursos naturales.

Además, la investigación plantea un modelo de evaluación de la gestión para el metabolismo urbano, con el que pretende cuantificar los flujos de energía y materiales, con el fin de que se pueda determinar las demandas y necesidades del sistema urbano (AMCO) sobre los recursos naturales.

Metodológicamente se usó el ANÁLISIS DE FLUJO DE MATERIALES (AFM) el cual permitió cuantificar los flujos de entrada (materiales extraídos del medio ambiente), flujos intermedios (transformación y producción) y flujos de salida (residuos de los procesos productivos y de consumo) para la realización de análisis a las dinámicas de generación, intercambio, consumo y desechos de recursos.

ANÁLISIS METABOLISMO DE FLUJO DE MATERIALES, CASOS DE ESTUDIO

El análisis en los diversos flujos que componen el metabolismo de una urbe es de gran interés con el fin de interpretar el funcionamiento de una ciudad como sistema, y su relación con los ambientes naturales; con el fin de configurar nuevos patrones, tendencias del consumo de los recursos naturales, generar nuevas políticas y estrategias de desarrollo que conlleven a lograr la sustentabilidad de los centros urbanos.

Por lo tanto, es relevante conocer las investigaciones que se han ejecutado a escala global regional y local acerca del metabolismo urbano y análisis de flujo de materiales de construcción, para comprender los limitantes y logros obtenidos en diferentes ciudades analizando los flujos metabólicos.

En el artículo Ecoeficiencia del metabolismo de Materiales Urbano, en Shengzen, China, Zhang Y. & Yang Z (2007.) se enfoca en dos claves del metabolismo de materiales para el desarrollo urbano sostenible, i) Flujos (fluxes) y ii) eco-eficiencia. Los flujos determinan la velocidad del metabolismo mientras la eco-eficiencia puede determinar la capacidad para soportar los impactos ambientales del desarrollo socio-económico.

En la investigación se utilizaron dos modelos que permitieron estudiar el metabolismo de materiales de la ciudad de Shengzen en China, el primero se relaciona con el reciclaje basado en la disminución en el consumo de recursos crudos y el segundo vinculado con el reciclaje terminal, que hace alusión a disminuir las descargas de contaminantes.

A partir de esto determinaron la eficiencia en el consumo y el uso de cada recurso, además establecieron los indicadores de eco eficiencia de la ciudad respecto a su desarrollo socioeconómico.

Como resultado del proyecto el gobierno de Shenzhen, ajustó su estructura política con el objetivo de intensificar más la cadena de reciclaje y reutilización de

residuos generados en los procesos sociales y económicos para obtener una eco-ciudad. La clave para mejorar la eco eficiencia del metabolismo de materiales urbano es realizar la armonización entre la eficiencia de los recursos y la eficiencia ambiental estableciendo la cadena de reciclaje y reúso de residuos.

(Kampeng L. et al 2015) realizaron una investigación para analizar el metabolismo de la ciudad de Macao-China, una ciudad pequeña y que se caracteriza por su alta densidad poblacional y ser una de las más turísticas. El enfoque metodológico que utilizaron los investigadores fue el análisis de emergencia en sus flujos anabólicos² y catabólicos³ de materiales y energía en sus procesos de urbanización debido al aumento en la tasa metabólica de la ciudad, lo que condujo al consumo acelerado de recursos naturales, pérdida de tierras agrícolas, bosques y biodiversidad, incrementando el tráfico y la contaminación. Para comprender mejor el sistema metabólico de Macao, los investigadores clasificaron los recursos anabólicos importados de acuerdo a sus funciones como: recursos de soporte vital (alimentos y agua doméstica), recursos de auto organización (electricidad y combustibles fósiles), recursos de vida (materiales, bienes y servicios) y recursos de desarrollo (minerales, arena y piedra).

Además, los flujos metabólicos clasificados en: Residuos descargados (agua residual, residuos sólidos, gases emitidos y calor disipado). Bajo el método de cuantificación síntesis de emergencia, midieron la cantidad de energía utilizada en la producción de bienes o servicios, y en el consumo del sistema de ciudad; el calor disipado es analizado de acuerdo al balance de entradas y salidas de las diferentes fuentes de calor como radiación solar, calor generado por consumo de energía entre otros, para así determinar si una ciudad es fría o cálida dependiendo de factores climáticos como lo demuestran en sus temporadas de invierno y verano.

² Anabolismo: Entradas de recursos (importados)

³ Catabolismo: Salidas de residuos

Como resultados obtuvieron que Macao de acuerdo a su industria del juego y turismo y sus intercambios desequilibrados de recursos (diferencias entre entradas y salidas) se apoyó principalmente de los ecosistemas externos para aprovechar sus recursos y desechar sus residuos.

A pesar de que el balance metabólico de material y energía eran balanceados, la pérdida de energía en calor disipado era muy alta, incrementando el flujo anabólico de energía para satisfacer las cantidades requeridas por sus actividades socioeconómicas, por esta razón fue mayor al flujo catabólico.

En términos de material los recursos vitales fueron el componente anabólico mayor en el metabolismo de la ciudad, en el que el agua fue el principal recurso, en energía los recursos de orden tienen el papel más importante debido al transporte y consumo eléctrico y en energía los recursos vivos fueron los de mayor componente anabólico, desde la producción de bienes y servicio para la economía local.

Como conclusión los investigadores hacen mención a la percepción de la ciudad, como un sistema desordenado comparado con un sistema natural, pero ambos son altamente ordenados; para ambos sistemas naturales y urbanos, los flujos de energía y materiales deben mantenerse para que el sistema sea capaz de mantener su orden; si estas entradas son insuficientes, los componentes de almacenamiento del sistema (por ejemplo, los árboles en un bosque, edificios en una ciudad) comenzarán a degradarse, requiriendo por lo tanto aumentar la asignación de recursos para su mantenimiento

Los autores finalizan mencionando que los políticos y gobernantes deben de garantizar y tomar medidas para que los intercambios de recursos que se dan en la ciudad sean más eficientes, teniendo en cuenta los impactos ambientales que se desencadenan por emisiones de gases y residuos y que influyen en el clima global, como consecuencia del uso ineficiente de los recursos naturales.

En Beijing se llevó a cabo un estudio similar por parte de Zheng G et al. (2013) en el cual se realizó la cuantificación de los materiales utilizados y consumidos en la construcción de todo su sistema vial, analizando el metabolismo de materiales urbano mediante un modelo integrado y conocer los impactos ambientales a causa de la generación y disposición de residuos que provienen de la construcción de vías en los ecosistemas de la ciudad. El modelo contiene datos del sistema vial y se apoya de SIG para estructurar y comprender de una mejor manera el sistema.

La metodología utilizada para construir el modelo inicia con la división de los diferentes tipos de vías y de sus instalaciones que lo complementan, luego calculan el volumen de material que se utilizó en cada uno de ellos, obteniendo como resultado que el total de material que se almacena en todo el sistema vial urbano es de 159 millones toneladas, de las cuales el 79.9% fueron almacenadas en instalaciones viales (autopistas, carreteras secundarias, calles de barrio, callejones(chinos) y estructuras de intercesión) y el 20.1% en instalaciones auxiliares (intercambios y puentes peatonales). Los investigadores concluyen que la densidad de vías e intercambios en el centro de Beijing ha interferido en la calidad del aire por el alto tráfico vehicular, además de la pérdida de vías peatonales y ciclovías que ocasionan un conflicto entre personas y vehículos, por esto sugieren que se deben desarrollar estrategias para reestructurar su sistema vial construyendo instalaciones peatonales, en búsqueda de la eficiencia ya que el sistema vial de Beijing es irrazonable debido a que se enfatizó en la construcción de autopistas y se ignoraron las vías menores. En estudios futuros se deben incluir pasos subterráneos y otras instalaciones para determinar el impacto ambiental de todo el sistema vial de la capital China.

Por otro lado (Hyman K. 2013) enfoca la investigación desde el desacoplamiento a escala urbana⁴ para hacer alusión al actual desarrollo económico que es

⁴ El desacoplamiento a escala urbana se refiere a una condición cuando está presente el crecimiento económico y el crecimiento de la población, mientras que la demanda de recursos naturales y los servicios de los ecosistemas disminuyen.

insostenible, en el cual la degradación ambiental es más intensa como consecuencia de alcanzar un mayor crecimiento económico. El desacoplamiento se divide en dos categorías; absoluto (tasa de consumo de recursos es estable o decreciente mientras la tasa de crecimiento económico aumenta) o relativo (si la tasa de consumo de recursos incrementa pero a una tasa más baja que el crecimiento económico).

El estudio es realizado para abordar el metabolismo de Ciudad del Cabo, Sudáfrica analizando la infraestructura urbana y los flujos de recursos naturales para conseguir el desarrollo.

Ciudad del Cabo tiene un metabolismo urbano socioeconómico lineal⁵, es decir tanto financiera y ecológicamente insostenible debido a la configuración de su infraestructura urbana y el mal uso de los recursos, siendo esta la causa de que en Ciudad del Cabo se están cruzando los umbrales de uso de recursos (agua, energía, suelos y biodiversidad) y la generación de residuos.

En el componente de energía la ciudad es altamente dependiente de fuentes externas para suplir la demanda como consecuencia del incremento poblacional y económico de los últimos años. Por consiguiente, se están intensificando esfuerzos para cambiar los patrones de consumo y generar energía de fuentes alternativas.

El flujo de residuos aumentó significativamente en la última década en un 60% y se ha convertido en uno de los más grandes desafíos de Ciudad del Cabo y que enfrentó a partir del 2008 en el que disminuyó la generación debido a la intervención en los patrones de consumo e incentivando el reciclaje y la separación en los hogares. Esta disminución reflejó un desacoplamiento absoluto generando menos residuos y disminuyendo la tasa de residuos dispuestos en rellenos sanitarios. La investigadora concluye con la importancia de usar la infraestructura como punto de intervención y el desacoplamiento como marco de

⁵ Metabolismo Urbano Socioeconómico Lineal, hace referencia a una cadena de tres momentos: Entrada de recursos- consumo/transformación- Generación de Desechos.

transiciones urbanas sostenibles. La infraestructura urbana como medidor en la relación del ambiente y los consumidores para conocer los flujos de recursos urbanos que minimicen los recursos requeridos y sus impactos ambientales. Es allí donde la importancia de intermediarios institucionales debe tener valor para establecer estrategias que intervengan los sistemas socio técnico.

En Latinoamérica también se han llevado a cabo estudios pertinentes al tema de metabolismo urbano y flujos de materiales, es el caso del informe formulado por (PNUMA, 2013.) Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente el cual se llevó a cabo con la finalidad de establecer pruebas para los flujos de materiales para varios países de América Latina, a fin de realizar comparación entre las regiones estudiadas, razón que ayuda a comprender los factores principales que impulsan al uso de materiales.

Para esto se realizan análisis a flujos primarios de materiales, clasificados como: materiales de construcción, combustibles fósiles, minerales metálicos y minerales industriales; hecho que indica de qué forma el consumo de materiales es impulsado a partir de la demanda que los países en constante proceso de urbanización e industrialización experimentan.

Este informe brinda valores cuantitativos del aumento en el consumo doméstico de materiales en América Latina y los efectos significativos que sufre la región a partir de los impactos ambientales y sociales que se desencadenan mediante la extracción de materiales

Otra publicación importante ha sido desarrollada por Eisenmenger, N. et al (2007.) el cual menciona en su artículo, que para un sistema económico global todos los países cumplen un rol específico en la economía mundial, en donde las naciones en vía de desarrollo y más concretamente los países de América Latina cumplen un papel importante, razón por la que el desarrollo socioeconómico de un territorio está generalmente influenciado por el contexto internacional en el que se desenvuelve.

A partir de los años 80s los mercados mundiales empezaron a tener en cuenta las economías en proceso de desarrollo, hecho que impactó su funcionamiento metabólico debido a la variación que tuvieron en sus importaciones y exportaciones, lo que causa que sus flujos de energía y materiales cambian constantemente.

El artículo plantea determinar las dinámicas metabólicas para Brasil, Chile y Venezuela con dos enfoques metodológicos:

Para los flujos de materiales se usó la metodología “Análisis de Flujos de Materiales” la cual ofrece una especie de contabilidad nacional pero en términos biofísicos, donde se plantean diferentes variables para medir tanto el consumo como la salida de materiales dentro de una economía, y para los flujos de energía se usó la metodología “Análisis Integrado Multi-Escala del Metabolismo Social” la cual permite utilizar información monetaria, demográfica y biofísica, el (MSIASM) permite entender las relaciones sistémicas entre los aspectos biofísicos, dando a conocer el equilibrio que cada uno de los países encuentra para la utilización de los recursos limitados y posteriormente analizar las variables biofísicas en conjunto con las variables monetarias.

Es de vital importancia a la hora de desarrollar la investigación conocer lo que la Cámara Colombiana de la Construcción tiene en perspectiva para el sector de la construcción, a continuación se tratan dos de sus informes.

El informe presentado por (CAMACOL, 2015.) presenta indicadores poblacionales para tener claridad acerca de las diferentes transformaciones demográficas que el país ha vivido en los últimos diez (10) años, poniendo el ejemplo de la región del eje cafetero la cual es la zona con menor crecimiento poblacional en zonas urbanas; como el informe menciona que “ entre (2005-2010) los hogares colombianos crecieron 2,79%, en el quinquenio más reciente esta tasa descendió a niveles de 2,54%, lo que representa una formación promedio de nuevos hogares en las áreas urbanas de 254.000 cada año”. En cuanto a la actividad edificadora,

el informe hace una relación entre el crecimiento poblacional, el uso, tamaño y las formas de financiación a la hora de adquirir sus viviendas.

De igual forma (CAMACOL, 2012) permite tener claridad sobre el estado del sector edificador del país y evidencia el avance de los estudios liderados por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio en asocio con la Corporación Financiera Internacional ,en el cual se pretendía establecer una línea base a los consumos de energía, agua y disposición de residuos sólidos, para permitir aproximarse a la formulación de un marco regulatorio nacional que garantice la sostenibilidad (ambiental, económica y social) de las edificaciones nuevas, por medio de los requisitos a establecerse en el proyecto de construcción del Código Colombiano para Construcciones Sostenibles .

El proyecto planteó socialmente mejorar la calidad de vida de las poblaciones vulnerables con la construcción de viviendas de interés prioritario en la cual se puedan implementar normas de construcción sostenible.

Como se mencionaba anteriormente, los países en vía de desarrollo cada día son más importantes para la economía global, lo que ha causado que las ciudades en los últimos 60 años tengan un proceso de transformación a fin de fortalecer su competitividad para un progreso continuo del país.

A una escala más específica, en el ámbito nacional (Díaz, C. 2011.) propone un modelo conceptual de cómo funciona la ciudad de Bogotá DC en materia de metabolismo, teniendo como referencia los flujos de materia y energía que se presentan allí.

El estudio se encuentra enmarcado desde un contexto histórico, teniendo como punto de referencia 6 momentos: Su fundación, la época colonial, la época republicana, el Bogotazo, el crecimiento urbano del siglo XX y la ciudad extendida del siglo XXI; lo que permite realizar un análisis económico y político, de las dinámicas poblacionales del estado para facilitar la comprensión del metabolismo en la ciudad para los años 1980, 2009 y 2025, determinando su desempeño

ambiental mediante los balances de materia y energía, puesto que estos facilitan la comprensión del comportamiento del sistema como un súper organismo urbano, dinámico, autorregulado y controlado con múltiples relaciones e intercambios de materia y energía con su entorno, lo que da lugar a que se puedan prevenir eventos no deseados.

Posteriormente Alfonso & Pardo.(2013) usaron el análisis del flujo de materiales urbanos para determinar los flujos de entrada (agua, energía alimento y materiales de construcción) y salidas (agua residual, aire contaminado, residuos entre otros) en la ciudad de Bogotá, Colombia para determinar la relación entre la demanda de recursos y el impacto ambiental de las salidas. El método consistió en medir los flujos de entrada y de salida de la ciudad para dos años, 1980 y 2010. Los flujos se midieron de acuerdo a la estratificación socioeconómica y los sectores productivos como la industria, servicios y comercio; la principal fuente de datos fueron el DANE, DNP, La unidad de Planeación Minero Energética y la secretaría distrital de Planeación.

De acuerdo a esto realizaron una estructura de indicadores para el estudio de los flujos de energía y materiales dividida en dos categorías i) flujos de entrada y salida por años seleccionados ii) intensidades de consumo de recursos o generación per cápita. Debido al aumento poblacional y económico que incluyen nuevas industrias que consumen nuevos recursos en la ciudad de Bogotá en las últimas décadas, los flujos han aumentado degradando los ecosistemas y el ambiente. El consumo de energía es fundamental para el funcionamiento de una ciudad, durante el (2010) Bogotá consumió el 20.7% de la energía del país, los productos derivados del petróleo eran la principal fuente de energía 55.6%. Entre (1980 y 2010) la oferta de energía aumentó de 271.8 TJ/año a 35,433 TJ/año, esto evidencia el aumento de la demanda en la ciudad. En cuanto al componente de agua las entradas principalmente son fuentes superficiales de los ríos Bogotá y Sumapaz, el consumo per cápita en (1980) fue de 178 L y en (2010) 111 L, esta disminución se debe a los cambios en el sistema tarifario y a las campañas de

sensibilización en los consumos de agua, pero la carga contaminante en las aguas residuales aumentó significativamente.

El consumo de materiales de construcción (cemento, arena y otros agregados) aumentó de 1 millón de metros cúbicos en el año 1995 a 6 millones de m³ en 2010. En el año 2010 se generaron 12 millones de toneladas de residuos de construcción, de los cuales 7.5 millones de toneladas corresponden a construcciones públicas como vías en la ciudad.

Todos los resultados sirven como insumos y referencias para comprender el funcionamiento de la ciudad, generando políticas y estrategias que ayuden alcanzar la sustentabilidad de los sistemas urbanos.

En la región Risaraldense han realizado pocas investigaciones en metabolismo urbano, por esto es importante resaltar los autores que han abordado el tema del metabolismo y los flujos de materiales. Para contextualizar el tema investigativo se hará mención a algunos trabajos de los que se tiene conocimiento en el departamento de Risaralda.

Velasco, (2010.) Propuso un Plan de Gestión Ambiental para una empresa dedicada al reciclaje y reutilización de residuos de construcción, a partir de la investigación proyectiva recopiló información con diferentes técnicas a fin de tener claridad acerca de la situación actual en materia de escombros de los municipios de Dosquebradas y Pereira, hecho importante ya que permite entender las dinámicas de los municipios en materia de metabolismo urbano y sus estrategias para el manejo de los residuos procedentes del sector de la construcción.

En esta propuesta se resalta la importancia que puede tener para una ciudad el aprovechamiento y manejo adecuado de residuos provenientes de las construcciones, siendo esta una estrategia económicamente rentable y con impactos positivos en el ambiente ya que disminuye la degradación ambiental y paisajística, de igual manera socialmente es una estrategia importante ya que el

proyecto ayuda a disminuir el desempleo que se presenta en la ciudad de Pereira en altos porcentajes.

Para cuantificar la cantidad de materiales de construcción del Área Metropolitana Centro Occidente García,(2013) muestra datos correspondientes al sector, donde se presenta información del comportamiento metabólico del AMCO para materiales de construcción en el cual hay entradas de insumos, transformación y generación de desechos de una forma lineal.

Algunas de las materias primas para la realización de las actividades de la construcción (arena y grava) son extraídas dentro del mismo sistema, mientras que el cemento es necesario importarlo de otros sistemas. Los datos proporcionados por el estudio se consideran aproximados ya que no existen datos exactos sobre el consumo de materiales de construcción en el área metropolitana.

En la zona hubo un incremento en el uso de materiales de construcción, lo que hace importante tener en cuenta los materiales provenientes de reciclaje de escombros que incidirán significativamente en la reducción del consumo urbano de estos materiales y cambiar el comportamiento lineal que tiene el sistema.

Después del terremoto que afectó el eje cafetero en (1999) los procesos constructivistas empezaron a aumentar, hecho que impulsó la formulación proyectos de vivienda para cubrir el déficit en materia de construcción que vivenciaban los centros urbanos.

En el estudio anterior se hace mención al incremento significativo en el uso de materiales para la construcción que vive el AMCO, con la idea de comprender la presión que ejerce este fenómeno en el ambiente Quintero. et al. (2015.) analizan la dinámica del metabolismo urbano de los materiales de construcción para la ciudad de Pereira y los impactos que ha tenido en el ambiente; para su desarrollo se mencionan dos factores importantes (cantidad de materiales pulverulentos que se utilizan en la producción y el consumo de energía necesario para la obtención de su producto final) que desencadenan diversos problemas ambientales

asociados a los procesos de producción y fabricación de materiales de construcción.

La metodología que se usó en el marco de la investigación es el Análisis de Flujo de Materiales, la cual se usará como herramienta para analizar los flujos de materiales de construcción, desde su extracción hasta su eliminación final.

Por medio de la investigación se pudo reconocer que la mampostería confinada es el principal tipo de sistema constructivo en la ciudad de Pereira el cual se basa principalmente en materiales agregados triturados, arena y cemento, siendo este el más contaminante debido a las emisiones causadas en su producción.

MARCO DE REFERENCIA

MARCO TEÓRICO

Las ciencias ambientales como una nueva área de conocimiento abordan las problemáticas ambientales presentes en los territorios, siendo este producto de la relación cultura-ecosistema (Maya, 1995), que por los diversos procesos e interrelaciones se configuran en búsqueda del desarrollo en una región, es de vital importancia interpretar y analizar las dinámicas y los patrones de desarrollo encargados de modificar el componente natural de los territorios.

Con la posibilidad de brindar alternativas hacia la ciudad sustentable y en la búsqueda permanente de optimizar la calidad de vida de quienes ocupan los espacios urbanos y rurales, de aquellos espacios denominados -hábitat- muchas veces superando la posibilidad de un real entendimiento acerca de los bienes naturales que transversalizan el acontecer cotidiano, y que en realidad son parte y hecho de la existencia.

Para el sostenimiento de los centros urbanos y rurales se hace necesario el abastecimiento de bienes naturales para ser transformados con el fin de satisfacer las demandas establecidas por el sistema de desarrollo. En consecuencia, el incremento en la demanda de energía y materiales es proporcional a la generación de desechos de acuerdo al tipo de procesos metabólicos o las dinámicas que interfieren en el funcionamiento de los centros poblados. El metabolismo urbano, por tanto, en términos generales permite establecer análisis de la ciudad a partir de la cuantificación de flujos de entrada, flujos intermedios y flujos de salida.

Se propone de esta manera el uso del enfoque de metabolismo urbano el cual permite dar cuenta de aquellas redes y relaciones aparentemente imperceptibles al ojo humano, pero que ante los problemas ambientales acontecidos por la creciente demanda de bienes y servicios naturales y manifestados como influencia directa de este olvido; generan la necesidad de establecer límites en el uso y

transformación de ecosistemas. Exigiendo así la comprensión y evaluación de tendencias regionales a partir del análisis de flujos de materiales y energía (caso de estudio Departamento de Risaralda) y su impacto directo en la planeación del territorio.

En tal forma, se hará necesario establecer una serie de conceptos relacionados con el metabolismo urbano, territorio, sustentabilidad y gestión ambiental para un real entendimiento del campo de estudio y la influencia directa sobre el desarrollo de la investigación.

De acuerdo con Acebedo (2010), el concepto de territorio es polisémico así como difícil de definir en categorías precisas y universales, es por esto que, más bien obedece a construcciones conceptuales complejas que están siempre abiertas a nuevas interpretaciones en la medida en que sus orígenes involucran sistemas de relaciones múltiples entre la sociedad como expresión cualificada de organización de la especie humana, la naturaleza como fundamento de la existencia en su forma prístina o transformada, y el espacio en su expresión física.

A lo que Llanos (2010), menciona que el territorio es un concepto teórico y metodológico que explica y describe el desenvolvimiento espacial de las relaciones sociales que establecen los seres humanos en los ámbitos culturales, sociales, políticos y/o económicos; este se convierte en la representación del espacio, el cual se ve sometido a una transformación continua que resulta de la acción social de los seres humanos, de la cultura y de los frutos de la revolución que en el mundo del conocimiento se vive en todos los rincones del planeta.

En este sentido, entendiendo el territorio como un sistema complejo donde interactúan componentes y que a su vez estos se encuentran en una reestructuración continua; es preciso mencionar el hábitat definido por el programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos, (2009) como el referente simbólico, histórico y social en el que se localiza el ser humano de manera multidimensional, política, económica-social y estético-ambiental,

actuando complejamente en una cultura determinada. Así, el hábitat significa algo más que el techo bajo el cual protegerse, siendo el espacio físico e imaginario en el que tiene lugar la vida humana.

En consecuencia, la ciudad es “una institución imaginaria, un precipitado histórico-social producto de la auto-alteración colectiva humana a través de los procesos de creación. Lo que mantiene unida la forma de ser y hacer de una ciudad determinada es, en efecto, su institución, esto es a partir del conjunto de las múltiples interrelaciones existentes entre los elementos que estructuran el espacio urbano histórico y socialmente” ONU-HÁBITAT (2009).

Así como el territorio, la ciudad funciona similar a un organismo vivo dentro del cual se llevan a cabo diversas interacciones entre sus elementos y cimientan su existencia a partir del intercambio de materia y energía con el ambiente por medio de flujos de entrada, flujos intermedios (transformaciones) y flujos de salida.

Comprender el metabolismo urbano permite visualizar la ciudad como sistema complejo. Díaz C (2014), en su texto cita tres definiciones para aclararlo; la primera y más reciente propuesta por (Kennedy, Cuddihy y Engel–Yan 2007, pp44) dice que el metabolismo urbano es “la suma total de los procesos técnicos y socioeconómicos que ocurren en las ciudades, resultando en crecimiento, producción de energía y eliminación de desechos” haciendo énfasis en cómo con una mirada holística representaron lo propuesto por Abel Wolman (1965), a quien se le atribuye el término ya que fue una de las primeras personas en precisar, definiéndolo como “todos los materiales y materias primas necesarios para mantener los habitantes de una ciudad, en una casa, en el trabajo y en el juego” y el de Scott Cook (1973) el cual menciona que el metabolismo urbano es “el proceso por medio del cual los miembros de toda sociedad se apropian y transforman ecosistemas para satisfacer sus necesidades y deseos”. Lo que indica que el metabolismo urbano surge para comprender la ciudad y sus dinámicas de forma holística, como un organismo vivo dentro del cual se llevan a cabo procesos, flujos de materia y energía.

Según (CASTILLO 2008) los ecosistemas urbanos presentan tres características fundamentales que constituyen su metabolismo:

El volumen de energía externa o exosomática, que se encuentra fuera de los organismos vivos hacen funcionar el sistema.

La movilidad horizontal que les permite explorar ecosistemas alejados.

La existencia de gran cantidad de instrumentos de cultura y de información que les permite una gran complejidad.

“No es posible hablar de metabolismo urbano sin tener en cuenta el medio en el cual se encuentra el asentamiento y su interacción con las regiones, muchas veces, alejadas de los centros urbanos. En otras palabras, el ecosistema urbano no puede concebirse sin los flujos que establece con otros ecosistemas, dado que es casi imposible, para cualquier región, sustentarse del influjo de los asentamientos humanos” (CASTILLO 2008).

La ciudad vista como un súper-organismo vivo, como un sistema natural construido por el hombre, requiere de múltiples elementos o factores para su funcionamiento, desarrollo y estabilidad. Algunos de estos factores son propios de su “naturaleza” mientras que otros son obtenidos de sistemas externos, con los cuales se encuentra en constante relación. En el primer caso se está hablando de tecnologías, el aparato construido a partir de políticas al igual que las edificaciones y el sistema vial entre otros, todos estos como componentes transformadores del sistema; ya en el segundo caso se habla de recursos naturales y las materias primas que entran al sistema y cumplen funciones esenciales para la supervivencia del mismo.

En la dinámica del sistema-ciudad, se encuentran falencias, ciertos problemas que contribuyen al deterioro del sistema, y a un posible colapso del mismo, y es aquí donde el metabolismo urbano tiene como fin identificar las causas estructurales que las ocasionan, así —“otros investigadores lo han utilizado para determinar el grado de habitabilidad de un centro urbano y evidenciar sus áreas vulnerables...

(Idrus et al. 2008), para identificar procesos críticos en su interior que atentan contra la sustentabilidad (Kennedy, Cuddihy y Engel Yang 2007)... y para proponer alternativas de reutilización y reciclaje de materiales y agua con el objeto de suplir la creciente demanda de los diferentes sectores de su economía (Hermanowicz y Asano 1999) —; citado por (Díaz; 2014). Un análisis de la ciudad a partir del metabolismo urbano permite identificar los problemas del sistema que impiden un mejor funcionamiento de este, alterando su dinámica y desarrollo; pero aun así, con una indagación más profunda, se pueden identificar las posibles soluciones.

El metabolismo urbano ha sido adoptado como estructura, pues provee una manera efectiva de obtener información. Puede ser usado para cuantificar y evaluar la escala y potencial en el reciclaje de alimento, energía y materiales a través de sistemas urbanos. (Weisz and Steinberger, 2010); citado por (Zhang, 2013).

Parafraseando a Zhang (2013), algunos investigadores han comparado el desempeño ambiental entre ciudades a partir del metabolismo urbano. Estas comparaciones pueden ser una herramienta efectiva para apoyar el manejo ambiental de las ciudades; pues identifican problemas de eficiencia en el uso de los recursos en estados tempranos y contribuye al desarrollo de políticas de manejo ambiental.

Algunas aplicaciones prácticas del metabolismo urbano que podrían ser utilizadas por los planificadores hacen referencia a: Reportes de sustentabilidad a través de indicadores (Maclaren 1996) ; cuantificación de los GEI (Gases Efecto Invernadero) urbanos; Modelos matemáticos para el análisis de políticas (Baccini y Bader 1996) y STAN (Cencic y Rechberger 2008; Brunner y Rechberger 2004) , finalmente para el Diseño Urbano (Oswald y Baccini (2003)-Brunner (1991)-Quinn (2007)-Kennedy (2008)-Engel Yan (2005). Con base en las aplicaciones mencionadas anteriormente, se hace inferencia a la de indicadores de sustentabilidad urbana. El estudio del metabolismo urbano es una parte integral

del SOE por sus siglas en inglés (State of the Environment) “Reporte del estado del ambiente” y provee medidas cuantificables que indican la sustentabilidad urbana. Posee información acerca de la eficiencia energética, ciclo de materiales, manejo de residuos y la infraestructura en los sistemas urbanos. “el principal objetivo del Reporte del estado del ambiente-SOE es analizar y describir las condiciones ambientales y tendencias significativas que sirven como insumo para el proceso de elaboración de políticas (Kennedy et al 2001).

Zhang, Y (2013) en su artículo “Metabolismo urbano: Una revisión de las metodologías de investigación” cita a diferentes autores con sus respectivos enfoques metodológicos para la investigación de metabolismo urbano. Para lo cual se mencionan algunos de ellos.

Haciendo énfasis en los procesos metabólicos Brunner (2007), desde dos perspectivas a) administrativa Huang et al (2007) b) actividad metabólica Zhang et al (2006); la consideración de factores sociales en el análisis del metabolismo urbano Newman (1999) y por último la optimización y regulación de los materiales utilizados en los procesos de transformación metabólica, Duan (2004).

Para que un ecosistema urbano funcione como un ecosistema natural, los residuos generados por el consumo de recursos deben ser reutilizados con el fin de evitar su acumulación e impactos en el sistema interno y el ambiente externo que lo sustenta Zhang, Y (2013).

A partir de esta premisa Zhang, Y (2013) cita a Girardet (1990), quien propuso un modelo urbano metabólico cíclico, al comprender que una secuencia lineal con entradas, transformación de productos y generación de desechos no podía identificar con precisión cómo el organismo influencia realmente los sistemas de soporte de vida de la tierra.

Los métodos de cuantificación y de evaluación para el metabolismo urbano se basan en un análisis de los flujos de materiales y energía, trazando de esta

manera la entrada, el almacenamiento, la transformación, y la salida de procesos (Hendriks et al, 2000).

Hannon (1973) fue precursor en el uso del análisis de redes ecológicas (ENA), basado en los flujos que permiten simular la distribución estructural de los componentes de un ecosistema y las interrelaciones entre los diferentes niveles tróficos. Posteriormente Patten (1982) reestructuró el método, propuso el concepto de análisis basado en el “entorno”, término que usó para describir un sistema dentro del ambiente. La base de este método es establecer un diagrama ecológico de flujo en red, el cual indica las cantidades relativas de los flujos de materia y energía, así como las relaciones directas e indirectas.

Por su parte, los modelos de simulación como metodología para el desarrollo del metabolismo urbano surgen a partir de los estudios de los modelos “black-box”, así como a la entrada y salida de flujos existentes, sin embargo Wang et al (2011) permiten en su tesis la realización de un análisis cuantitativo de los aspectos metabólicos como la producción y consumo, y los procesos de circulación dentro y entre los componentes de un sistema urbano, para así permitir observar el desarrollo de los procesos ecológicos.

La cuantificación de procesos y el establecimiento de patrones según los flujos de materiales y energía permiten únicamente una apertura interpretativa del modelo a partir del cual se desarrollan las ciudades- dado por los diferentes métodos de análisis planteados por el Metabolismo Urbano. Siendo así necesario el establecer la diferenciación entre la sostenibilidad débil y la sostenibilidad fuerte a partir de la cual se generan los discursos que intervienen en la toma de decisiones y comportamientos organizacionales de los que habitan el territorio y que dan a su vez pautas para el desarrollo de las metodologías anteriormente mencionadas.

La sostenibilidad débil surge a partir del modelo de economía ambiental, presenta un principio de sustitución el cual supone que los recursos naturales que se

agotan pueden ser sustituidos ilimitadamente de forma tecnológica por otro que cumpla la misma tarea. Este principio resulta insuficiente frente a problemas ambientales globales. Leal, G. (2008) mientras la sostenibilidad fuerte surge a partir de preceptos de la economía ecológica, Pardo, I (2012) concluye que es fundamentada bajo dos postulados, el primero se acerca entre la contradicción generada en el desarrollo económico y la preservación ambiental y un segundo postulado en relación a la irreversibilidad e incertidumbre que se presentan como procesos intrínsecos a la evolución de los ecosistemas (Pearce y Atkinson, 1993). Los recursos, procesos y servicios naturales no son cuantificables económicamente y conceptualmente se respalda bajo conceptos ecológicos y sistémicos. Según Martínez Alier (1985) “La cuestión de los recursos no renovables hace ver la economía como ecología de las sociedades humanas: es decir, como el estudio de la utilización de energía y materiales por la humanidad. Ahora bien, esta ecología humana no puede ser exactamente el mismo tipo de estudio que la ecología de otras especies (. . .) Ninguna otra especie animal tiene la posibilidad de enorme variación en el uso de la energía y materiales entre individuos de la misma especie”. Este precepto da apertura al análisis de metabolismo urbano en el estudio de la utilización de energía y materiales en las ciudades.

Se genera así la discusión acerca de cuál debería ser el desarrollo que las ciudades en el siglo XXI han de llevar a cabo para la conservación del ambiente desde una perspectiva del metabolismo urbano. A la época los conceptos de sustentabilidad y sostenibilidad, se han dado a comprender en los ámbitos académicos, institucionales, políticos y económicos, como los enfoques a adoptar y aplicar en el desarrollo de sus actividades que deben reflejarse en el funcionamiento del sistema ciudad. ¿Cuál de los dos conceptos es el más adecuado para la realidad latinoamericana?

Así —“Es de aclarar que “al decir” Latinoamérica hablamos de sustentabilidad y no de sostenibilidad (denominación europea) ya que si bien ambos conceptos aluden

a lo mismo, es decir, al equilibrio socio-ambiental como pauta y patrón del desarrollo, el uso que se hace de ellos varía según enfoque del contexto geográfico y ¿por qué no? político donde se apliquen. Para Latinoamérica, es claro que, de lo que se trata es de “sustentar”, sinónimo de “alimentar”, “cuidar” y, en alguna medida, “hacer crecer” en el sentido de “madurar”; para Europa el asunto pasa por la idea de “sostener”, “preservar”; en última instancia “mantener”; es decir, insistir en la perpetuación del modelo actual” — (Yory C.M., 2004).

En consecuencia, es evidente que los países de la región latinoamericana en su condición de naciones en vía de desarrollo, el concepto de sustentabilidad es el más adecuado para ser implementado en busca de mejorar la relación hombre-natura, lo que ha llevado a diferentes pensadores a sugerir la aplicación del desarrollo sustentable, definiéndolo según (Gabaldón, 2006) —“como un profundo proceso de cambio orientado a elevar el bienestar de la población, dentro de un contexto de equidad social, progreso científico-tecnológico y una nueva ética en las relaciones del hombre con la naturaleza, que asegure la viabilidad ecológica del planeta para las futuras generaciones”—...—“el desarrollo sustentable es la sociedad de flujos cíclicos, es tomar conciencia de que solamente comprendiendo las relaciones y organizándose en el caos, podemos hacer que esta complejísima sociedad en que estamos, esta realidad global y planetaria pueda directamente sobrevivir” — (Pesci, R et al, 2007).

Por la dinámica en que se encuentran las ciudades de Latinoamérica en la actualidad: el crecimiento poblacional concentrado en las urbes, el incremento en la demanda de recursos naturales, materias primas y el deterioro del medio ambiente, es necesario empezar a desarrollar en todos los ámbitos políticos, económicos, institucionales, académicos entre otros, un enfoque desde el desarrollo sustentable siendo este el más adecuado para enfrentar la realidad de los países de la región. Es necesario tener en cuenta todos los actores que se vean involucrados en el desarrollo de las ciudades y darles a entender su influencia e importancia en el sistema para generar los cambios que se requieren,

en vías a establecer el equilibrio entre cultura -ecosistema. En búsqueda de brindar un equilibrio entre las relaciones dadas por cultura- ecosistema, surge la Gestión Ambiental y su ámbito por la resolución de problemáticas ambientales sobre el territorio, el cual se materializa a partir de una serie de sucesos y conferencias a nivel internacional en las que se declara “la crisis ambiental” mencionada en la conferencia mundial de Medio Ambiente Humano (1972) induciendo de esta manera “un proceso de concientización sobre la necesidad de incorporar un conjunto de medidas preventivas y correctivas sobre los impactos ambientales de las prácticas productivas y de consumo dentro de las políticas nacionales de desarrollo” Leff, E (2000), que pasan a formar parte del marco de políticas a nivel nacional.

En niveles más específicos, Quintana, A. (2006) hace referencia a la gestión ambiental como: “la construcción de procesos colectivos donde todos o por lo menos sectores representativos de los actores implicados en una dinámica común formen parte de la apertura, solidificación y sostenimiento de las acciones de mejoramiento” y Díaz, C (2007) la entiende como: “un proceso político y social en el que participan e intervienen diversos agentes sociales a fin de lograr una adecuada relación con el entorno y propender por una mejor calidad de vida en el marco de la sustentabilidad.”

Ernesto Guhl (2015), plantea la gestión ambiental como un proceso de concientización frente al límite en la oferta de bienes y servicios ecosistémicos y de los graves impactos del desarrollo sobre el mundo natural. De esta manera e inclinándose hacia un campo de acción concreto, Camargo, G (2008) argumenta: “la base de la gestión ambiental es la capacidad de análisis, representación y predicción de los cambios ambientales, que la ecología provee a través de modelos.”

Dentro de este contexto, podemos asimilar el metabolismo urbano como generador de conocimiento a partir de modelos e indicadores de flujo de materiales y energía, y por tanto de predicciones que generen entendimiento de

las dinámicas ambientales regionales al servicio de la gestión ambiental – por ello se asume el rol de gestor ambiental hacia la toma de decisiones ante escenarios problemáticos con una expectativa concreta sobre lo que se debe transformar en materia de intercambios hacia la sustentabilidad urbano-regional.

MARCO LEGAL

A continuación, se hace referencia a algunas de las principales leyes y normas que en el país regulan la actividad de la construcción, impactos al medio ambiente fabricación de cemento y su uso. **(Tabla 1)**

Tabla 1 Normas y leyes en contexto

CONSIDERA	NORMATIVIDAD
Resolución 1173 de 1999	Por la cual se establecen los términos de referencia genéricos para la elaboración del Plan de Manejo Ambiental para minería de materias primas y/o los procesos para la fabricación de cemento.
Decretos 02 de 1982	El Ministerio de Salud determina normas de emisión y de inmisión y procedimientos de muestreo para la industria cementera
948 de 1995	Protección y control de la calidad del aire

Ley 99 de 1993	Creó el Ministerio del Medio Ambiente, estableció el Sistema Nacional Ambiental, SINA y la obligación de obtener la licencia ambiental para la ejecución de obras, el establecimiento de industrias o el desarrollo de cualquier actividad que pudiera producir deterioro grave a los recursos naturales renovables o al medio ambiente o introducir modificaciones considerables o notorias al paisaje
Decreto Ley 2811 de 1974	Establece el Código de los Recursos Naturales Renovables y de Protección del Medio Ambiente y las normas y condiciones para uso y aprovechamiento de los recursos naturales
Ley 9 de 1989	Ley de Reforma Urbana. Por la cual se dictan normas sobre Planes de Desarrollo Municipal, Compraventa y Expropiación de Bienes y se dictan otras disposiciones
Ley 388 de 1997	Por la cual se modifica la ley 9a. de 1989, y la ley 3a. de 1991 y se dictan otras disposiciones. Establece el marco conceptual e instrumental para

	formular y ejecutar planes municipales y distritales de ordenamiento territorial.
Ley 136 de 1994	La Ley de Organización y Funcionamiento de los Municipios retoma el mandato constitucional de ordenar el desarrollo de los territorios y promueve la creación de asociaciones municipales para el desarrollo integral del territorio municipal.
Resolución No. 541 de 1994	Por medio de la cual se regula el cargue, descargue, transporte, almacenamiento y disposición final de escombros, materiales, elementos, concretos y agregados sueltos, de construcción, de demolición y capa orgánica, suelo y subsuelo de excavación.
1753 de 1994	Establece las competencias y el procedimiento de licenciamiento ambiental para los proyectos, obras o actividades nuevas y la transición para los existentes a través de la aprobación de un plan de manejo de recuperación o restauración ambiental, solicitado por la autoridad ambiental

	competente mediante resolución motivada.
Ley 1454 de 2011	Dicta las normas orgánicas para la organización político administrativa del territorio colombiano; enmarcar en las mismas el ejercicio de la actividad legislativa en materia de normas y disposiciones de carácter orgánico relativas a la organización político administrativa del Estado en el territorio; establecer los principios rectores del ordenamiento; definir el marco institucional e instrumentos para el desarrollo territorial; definir competencias en materia de ordenamiento territorial entre la Nación, las entidades territoriales y las áreas metropolitanas y establecer las normas generales para la organización territorial.

Fuente: *Elaboración propia*

METODOLOGÍA

DEFINICIÓN DEL TIPO DE INVESTIGACIÓN

El desarrollo del proyecto se lleva a cabo desde un enfoque de investigación de carácter cuantitativo, ya que en él se recogen y analizan datos referentes a materiales de construcción específicamente cemento en el departamento de Risaralda.

RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN

FUENTES DE RECOLECCIÓN

La recolección de los datos se realizó a través de fuentes tanto primarias como secundarias, ya que en el transcurso del proyecto se han indagado diferentes tipos de documentos online, y se llevaron a cabo visitas a los actores involucrados con el tema como son el Departamento Nacional de Estadísticas (DANE), la Cámara Colombiana de la Construcción (CAMACOL) y la Gobernación del departamento de Risaralda.

TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN

La información se recogió de diferentes formas, en primera instancia se acudió a los sitios web de las entidades encargadas del tema de la construcción como es CAMACOL, y el DANE el cual está encargado de manejar los censos y datos a nivel nacional.

Para el levantamiento de la información requerida, que no se encuentra disponible en las fuentes citadas, se optó por acudir directamente a las oficinas regionales de las mismas entidades, encontrando información para los municipios de Dosquebradas y Pereira.

Como respuesta a la ausencia de información para el resto de los municipios del departamento, se diseñó un método mediante el cual se pudieran generar aproximaciones a los datos del crecimiento municipal con perspectiva histórica, y la estimación de posibles valores de consumo de cemento para los mismos.

Es importante aclarar que los municipios de La Celia y Pueblo Rico, no contaban con la información cuantitativa mínima para la realización de su análisis; y las imágenes satelitales presentadas por el servidor de Google Earth por razones del clima no eran lo suficientemente claras para ser sometidas a los métodos propuestos durante la investigación.

MÉTODO 1: MÉTODO PARA PROYECCIÓN GEO ESTADÍSTICA DE LA EXPANSIÓN URBANA EN PEQUEÑOS MUNICIPIOS

El método para proyección geo estadística de la expansión urbana en pequeños municipios se plantea dentro de la investigación con el fin de dar solución al problema causado por la carencia de información secundaria para algunos de los municipios del departamento de Risaralda.

Cabe resaltar que de los catorce municipios con los que cuenta el departamento de Risaralda, el método solo fue aplicado a diez ya que los municipios de (La Celia y Pueblo Rico) no contaban con la información óptima por parte de Google Earth para su desarrollo, y para los municipios de (Pereira y Dosquebradas) se contaba con la información detallada de fuentes secundarias, lo cual facilitó su análisis.

En el desarrollo del método se encontraron dificultades como la resolución de las imágenes o la distancia cronológica presentada por Google Earth entre imágenes lo que no permite una precisión del 100% en su desarrollo.

El método traza una serie de fases, las cuales deben ser cumplidas a cabalidad con el fin de encontrar un valor aproximado en el aumento del consumo de

cemento por parte de los territorios a estudiar, por tal motivo se presentan los pasos que se deben realizar para cumplir con este objetivo.

Para tener un acercamiento al error con el que se llevó a cabo el método, se hizo un promedio al error presentado por cada uno de los municipios, siendo el error medio en las estimaciones de 19,13 metros. **(Tabla 2)**

Tabla 2 Errores promedio por municipio

MUNICIPIO	AÑO POLÍGONO	ERROR PROMEDIO POR AÑO (m)	ERROR PROMEDIO POR MUNICIPIO (m)
APIA	2015	30,62	29,82
	2014	29,02	
BELEN DE UMBRIA	2015	25,07	24,45
	2014	23,82	
LA VIRGINIA	2016	4,86	3,33
	2007	1,79	
MARSELLA	2015	10,98	10,32
	2014	9,66	
MISTRATÓ	2015	23,90	23,09
	2005	22,29	
QUINCHÍA	2005	24,58	24,58
	2016	24,58	
SANTA ROSA	2015	22,40	18,32
	2014	14,24	
ERROR TOTAL			19,13

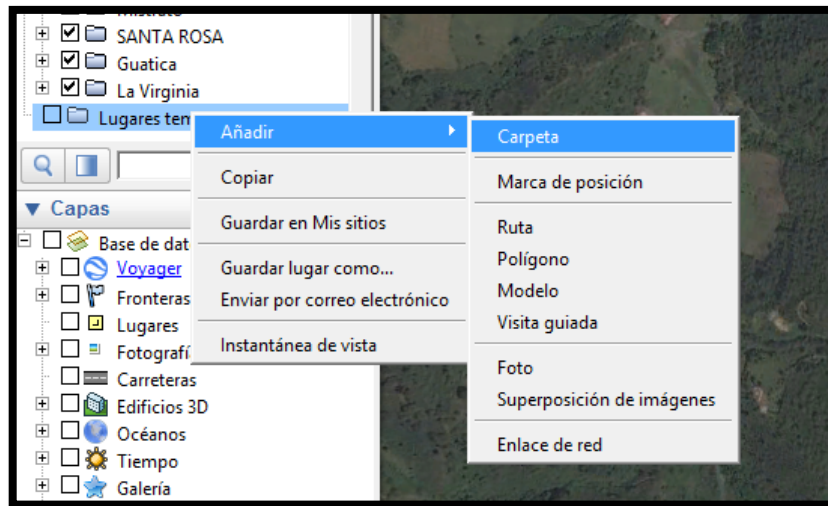
Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presentan las fases del método y cada uno de los pasos necesarios para cumplir con ellas.

FASE 1: Selección de puntos, captura y almacenamiento de imágenes a través de Google Earth-pro.

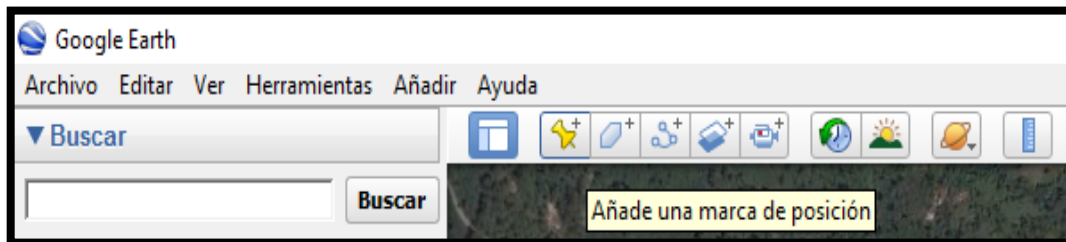
Paso 1: Elegir en Google Earth el lugar para el cual se le va a realizar el estudio.

Paso 2: Crear una carpeta del lugar para el almacenamiento de la información.



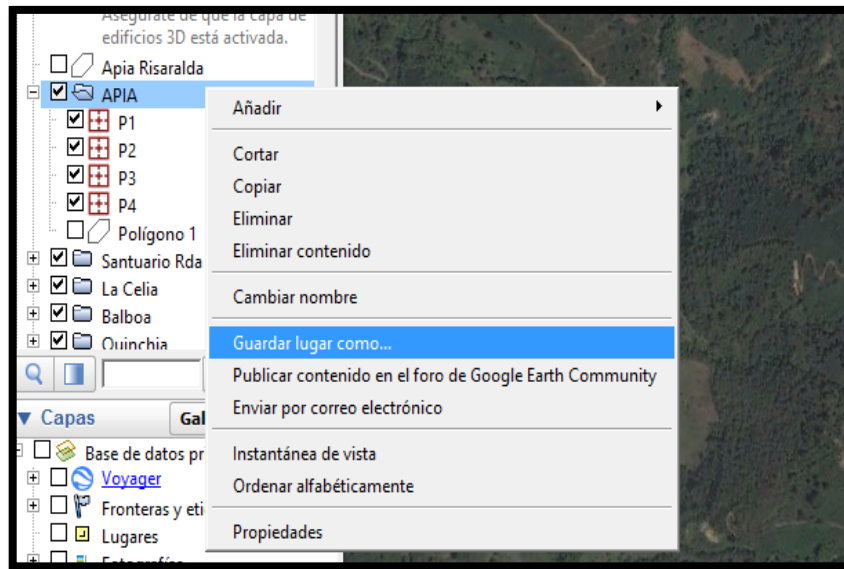
Fuente: *Extraído de Google Earth*

Paso 3: Seleccionar los cuatro puntos de control, a través del botón “marca de posición”.

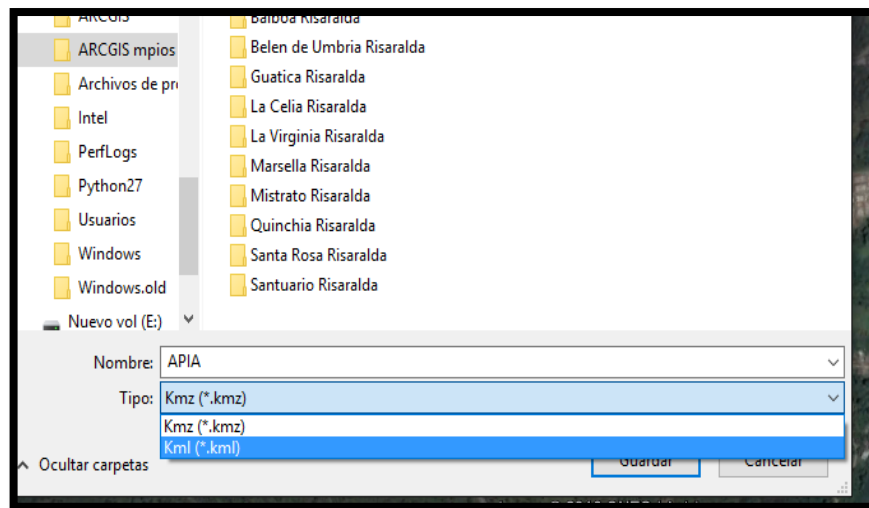


Fuente: *Extraído de Google Earth*

Paso 4: Una vez ubicados los cuatro puntos de control, es necesario almacenarlos como (KML) para ser subidos a ArcGIS 10.2.1.

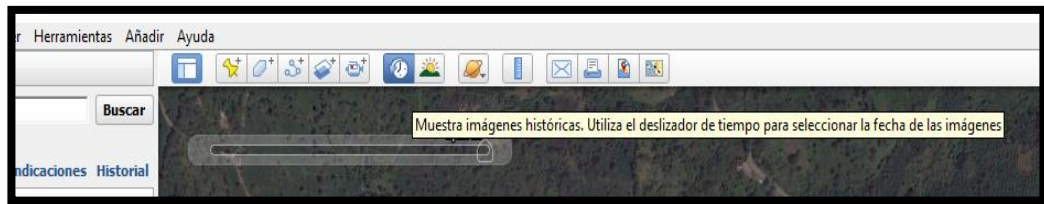


Fuente: Extraído de Google Earth

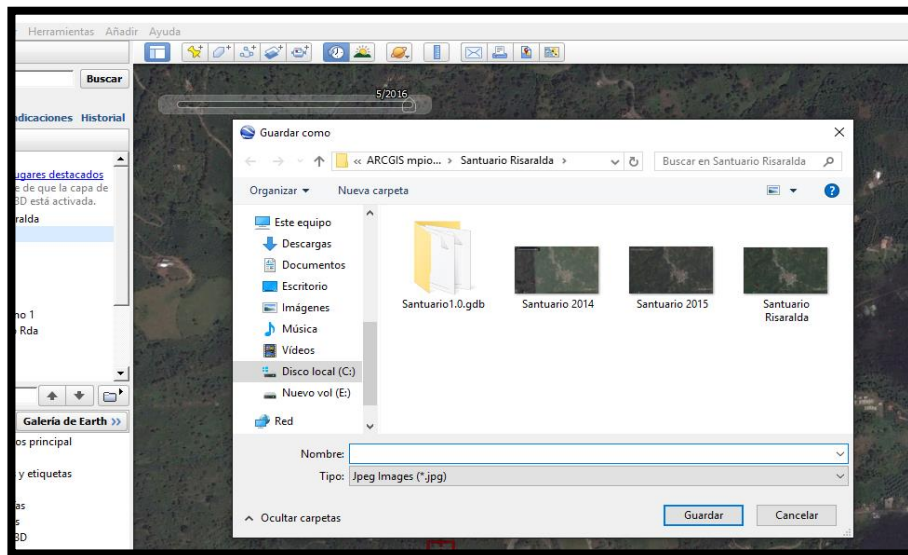


Fuente: Extraído de Google Earth

Paso 5: Teniendo los puntos seleccionados, buscar las imágenes históricas del lugar y almacenarlas.



Fuente: Extraído de Google Earth



Fuente: Extraído de Google Earth

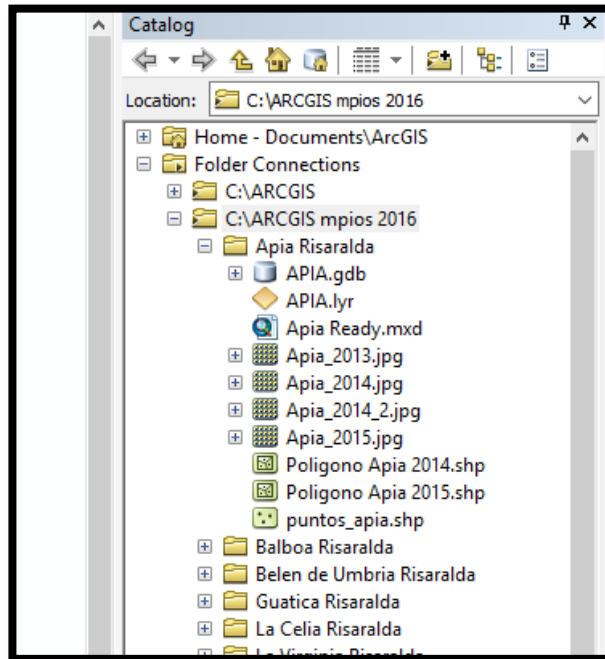
Paso 6: Una vez que se tienen las imágenes y los puntos de control almacenados en el ordenador, es necesario cargarlos a ArcGIS 10.2.1 para ser “GEORREFERENCIADOS”.

FASE 2: Georreferenciación

La georreferenciación es importante dentro del método ya que por medio de ella se logra asignar una ubicación espacial a las imágenes extraídas de Google Earth a través el uso de un sistema de coordenadas.

Todos los elementos de una capa proyectada en Arcgis tienen una ubicación geográfica y una extensión específicas que permiten situarlos en la superficie de la Tierra o cerca de ella. Por tal motivo al georreferenciar una imagen se tiene la capacidad de localizarla de manera precisa.

Paso 1: Abrir “Catalog” y cargar las imágenes a georreferenciar

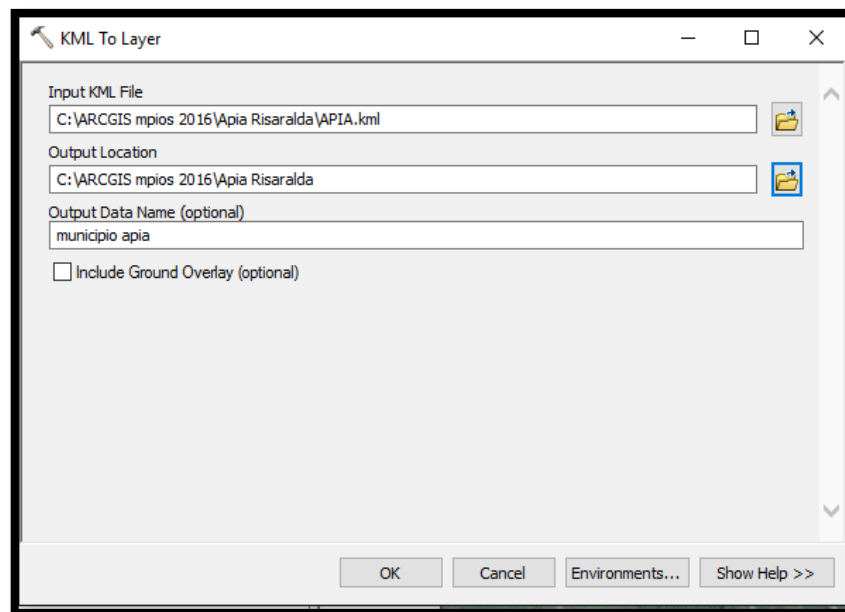


Fuente: Extraído de ArcGis



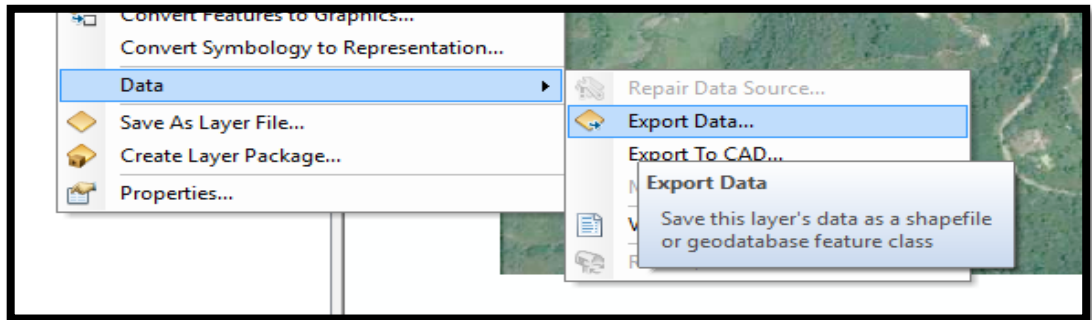
Fuente: Extraído de ArcGis

Paso 2: Para cargar los puntos de control ir a: Arctoolbox- conversion tools-from KML- KML to layer. Después de realizar esos pasos al instante se desplegará la siguiente ventana, en la primera casilla buscar los puntos de control previamente guardados, en la segunda casilla ubicar la carpeta donde se desea almacenar los cambios, y en la última el nombre que se desea, para finalizar pulsar ok.

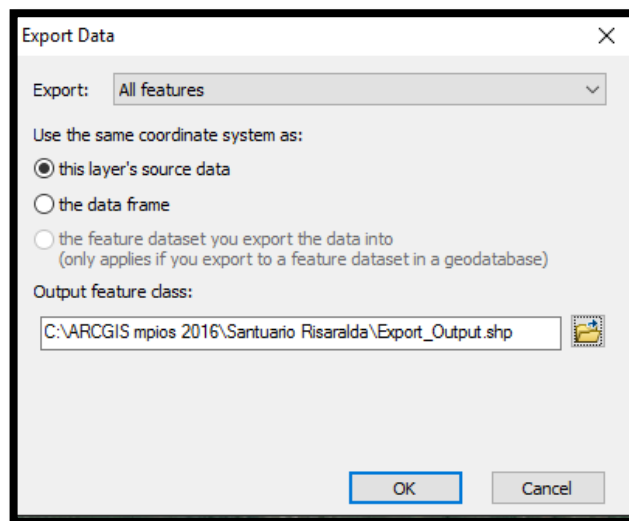


Fuente: Extraído de ArcGis

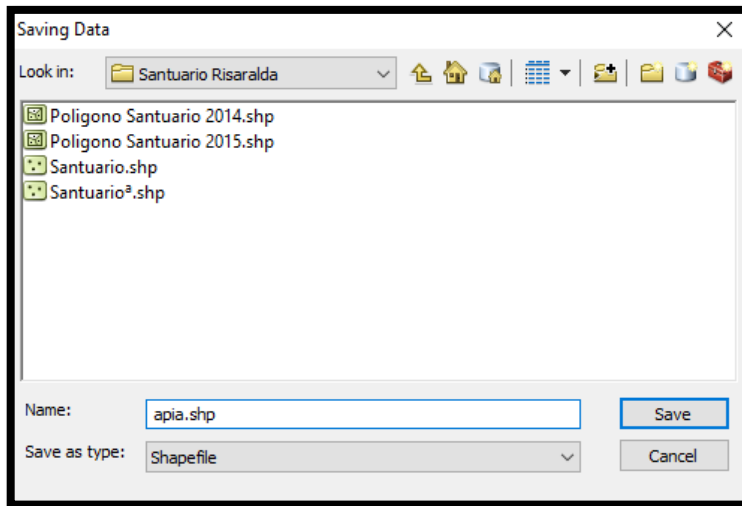
Paso 3: Una vez cargados los puntos de control ir a: (click derecho) Data- export data, al salir una ventana buscar la ubicación donde se desean guardar los puntos en “shapefile”, cambiar nombre y pulsar “save” para continuar y ok para salir.



Fuente: Extraído de ArcGis

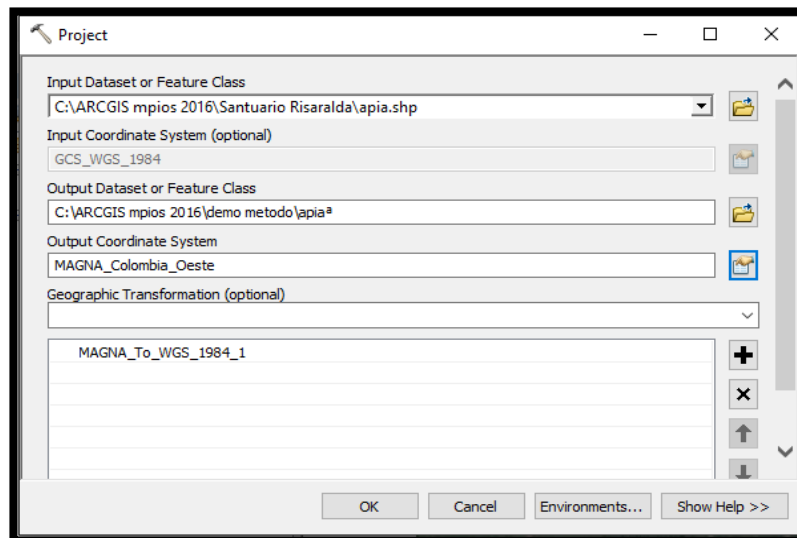


Fuente: Extraído de ArcGis



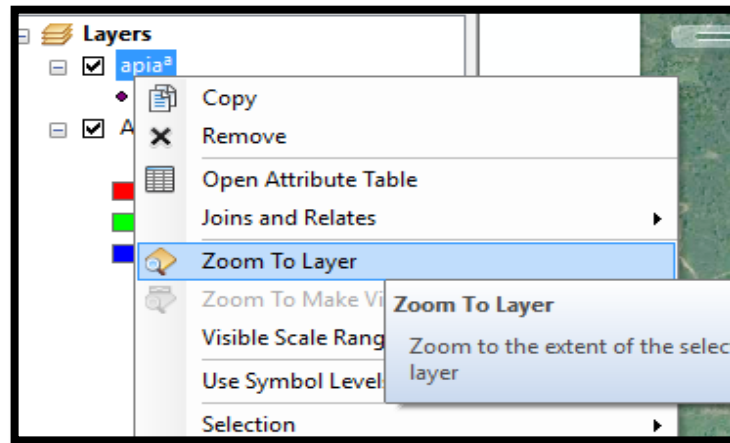
Fuente: Extraído de ArcGis

Paso 4: Una vez cargados los puntos en Shapefile es necesario proyectarlos, para esto ir a: (Arctoolbox- Data Management tolos-Projection and transformations-Projection) se despliega la siguiente ventana, en la primera casilla ingresar los puntos guardados en shp, en la siguiente casilla establecer el lugar donde se desean almacenar los puntos y darle un nombre, por último es necesario establecer el sistema de coordenadas con el que se está trabajando y presionar ok para guardar los cambios.



Fuente: Extraído de ArcGis

Paso 5: Después de proyectar los puntos de control, se procede a georreferenciar, para esto (clic derecho) en los puntos y elegir la opción Zoom to Layer.



Fuente: Extraído de ArcGis

- En ese momento en la pantalla solo quedaran a la vista los cuatro puntos de control establecidos.

Paso 6: Ir a la barra de Georreferenciación seleccionar la imagen que se va a georreferenciar, ir a: Georeferencing - Fit to Display, después en la misma barra seleccionar la opción Add control Points .



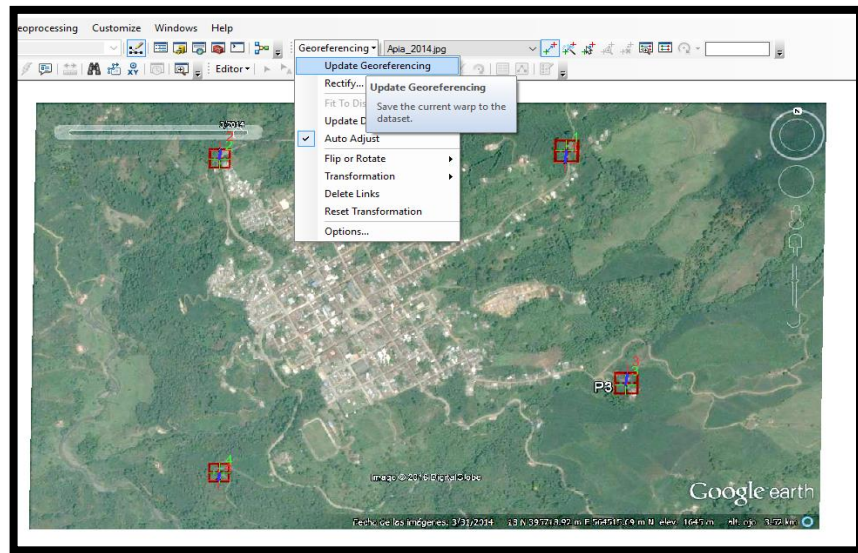
Fuente: Extraído de ArcGis

Paso 7: Al pulsar Add control Points el cursor cambia, en ese instante dar (click) en el punto de control que se tiene en la imagen y arrastrar hasta el punto de control establecido con las coordenadas como se muestra a continuación, llevar a cabo este paso con cada uno de los cuatro puntos.



Fuente: Extraído de ArcGis

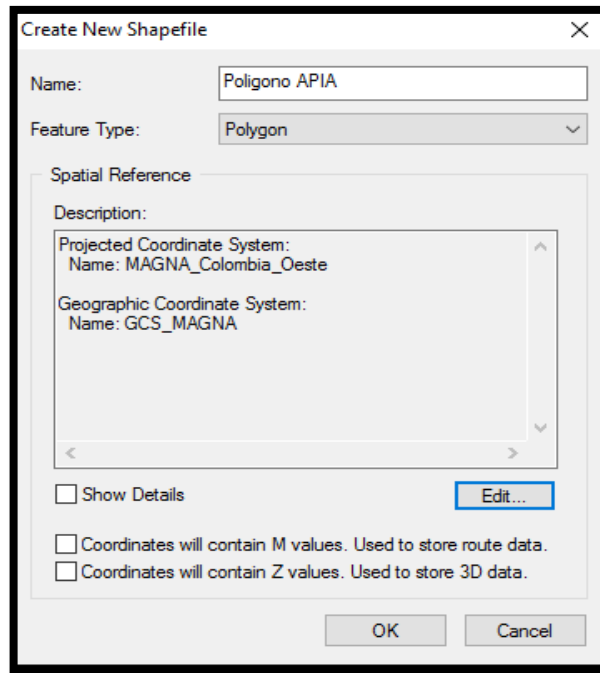
Paso 8: Ir a Georreferencing y pulsar la opción Update Georreferencing Para finalizar la georreferenciación.



Fuente: *Extraído de ArcGis*

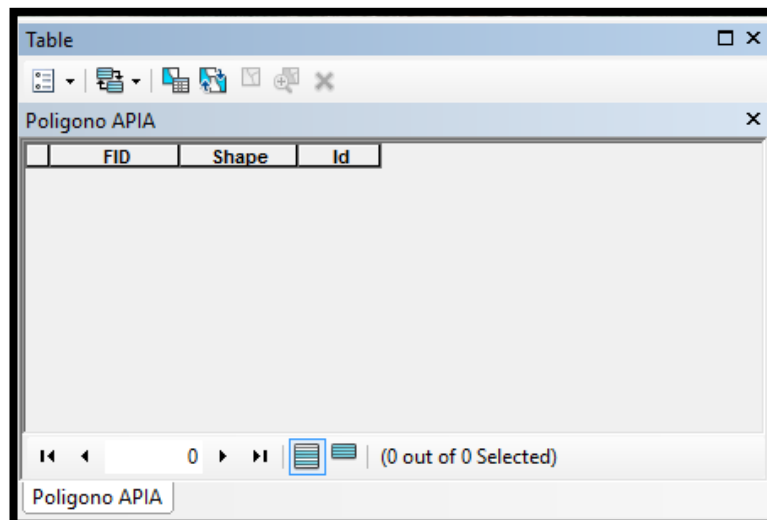
FASE 3: Elaboración de Polígonos

Paso 1: Abrir catalog y en la carpeta del proyecto que se está realizando crear un nuevo Shapefile, poner nombre y cambiar el tipo a Polígono, es muy importante que el sistema de coordenadas sea el mismo para el desarrollo de todo el proyecto.

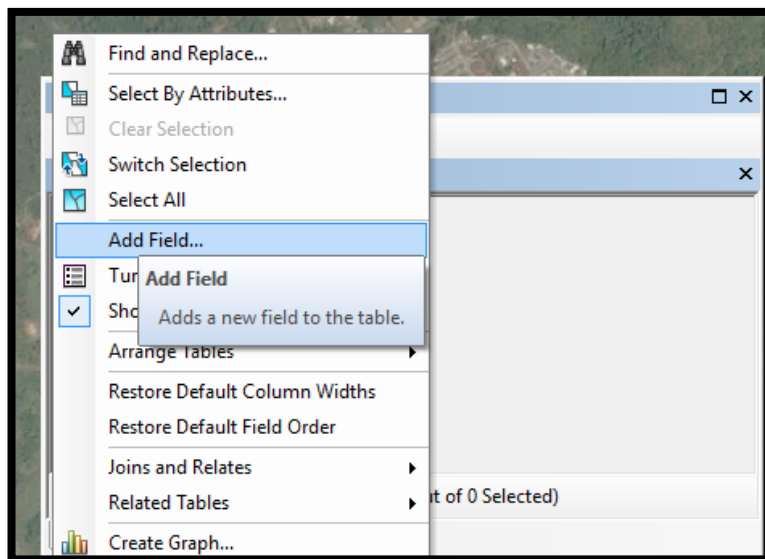


Fuente: Extraído de ArcGis

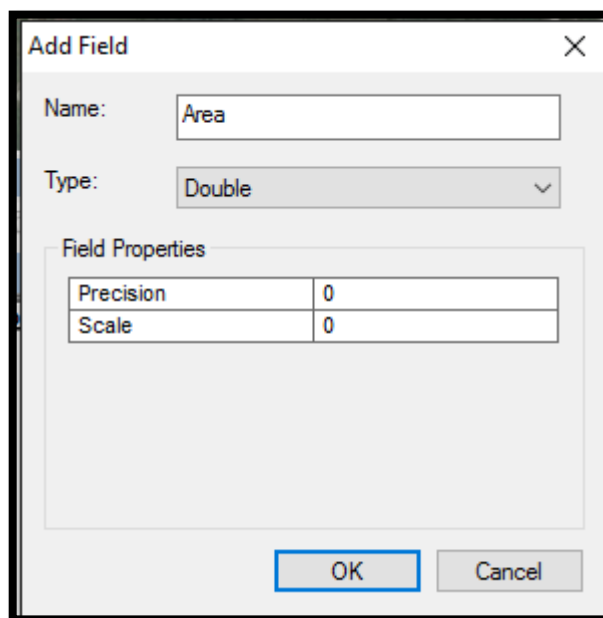
Paso 2: Después se procede a abrir la tabla de atributos del polígono y crear una fila (Table options- Add Field) llamada Área para almacenar los valores de área en m² para cada polígono creado como se muestra a continuación.



Fuente: Extraído de ArcGis



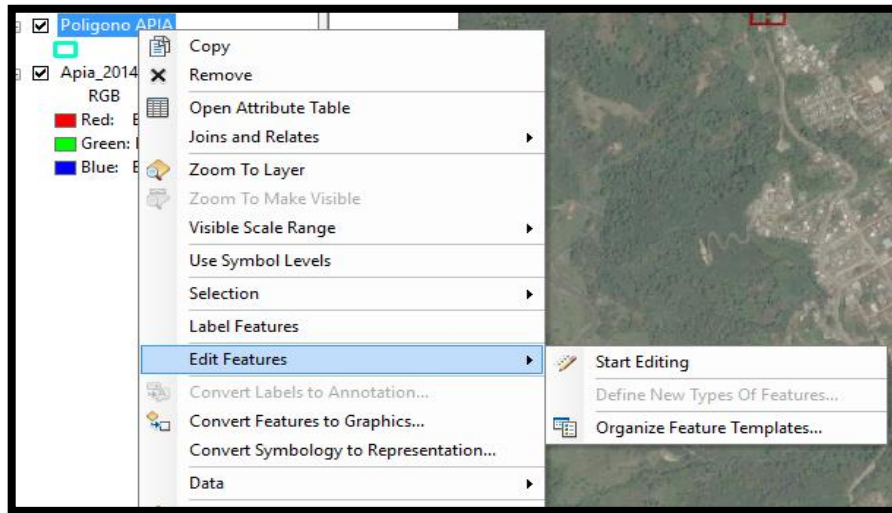
Fuente: Extraído de ArcGis



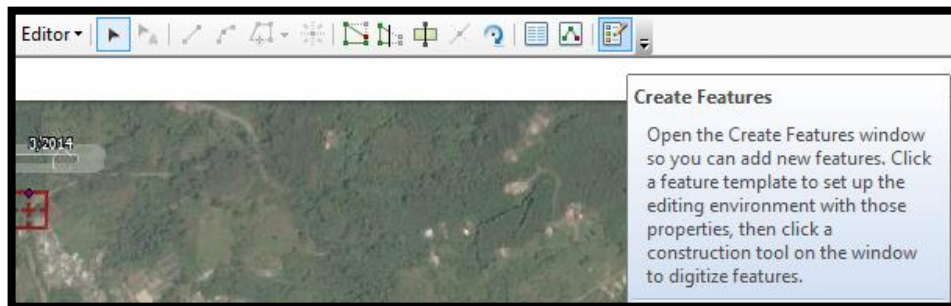
Fuente: Extraído de ArcGis

Paso 3: El siguiente paso dentro del método es la creación del polígono para el municipio, para esto es necesario: (click derecho) en el polígono ir a Edit features- Star Editing, en la barra de edición pulsar el botón Créate Features, se desplegara

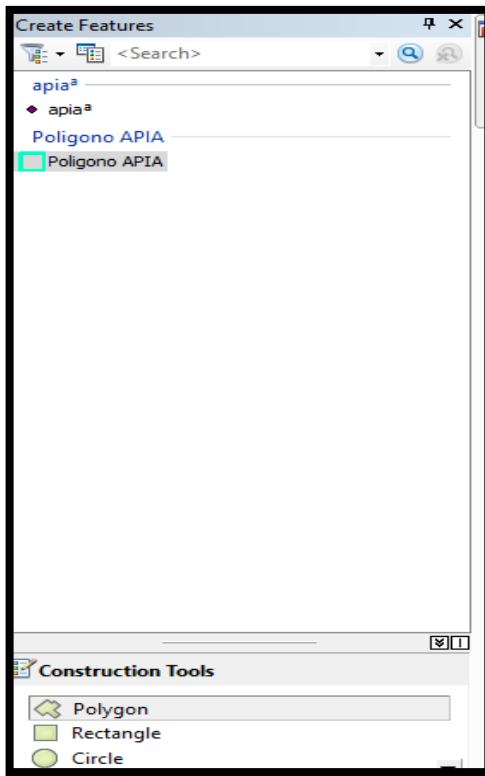
una tabla donde está el nombre del polígono y en la parte baja de la tabla (construction tools) seleccionar la opción Polygon, a partir de ese momento se puede dibujar el polígono.



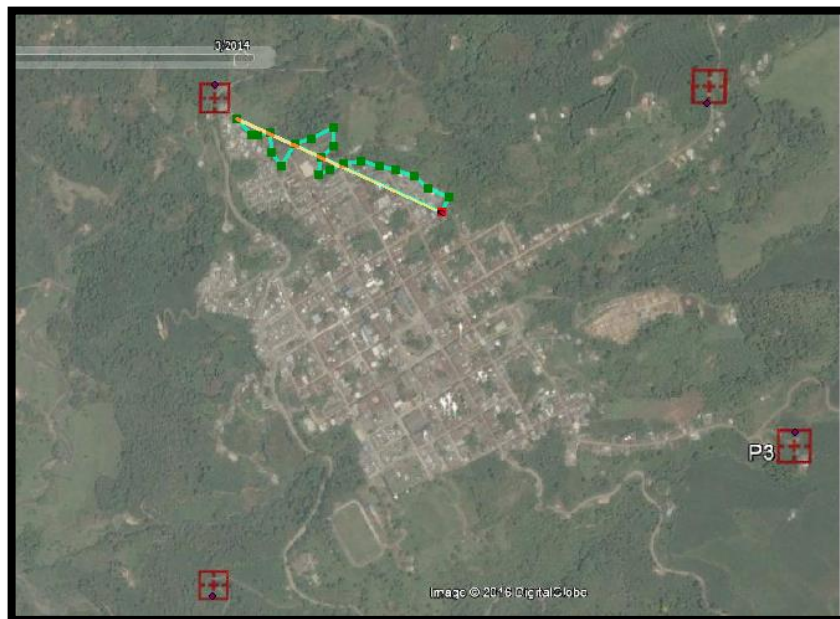
Fuente: Extraído de ArcGis



Fuente: Extraído de ArcGis

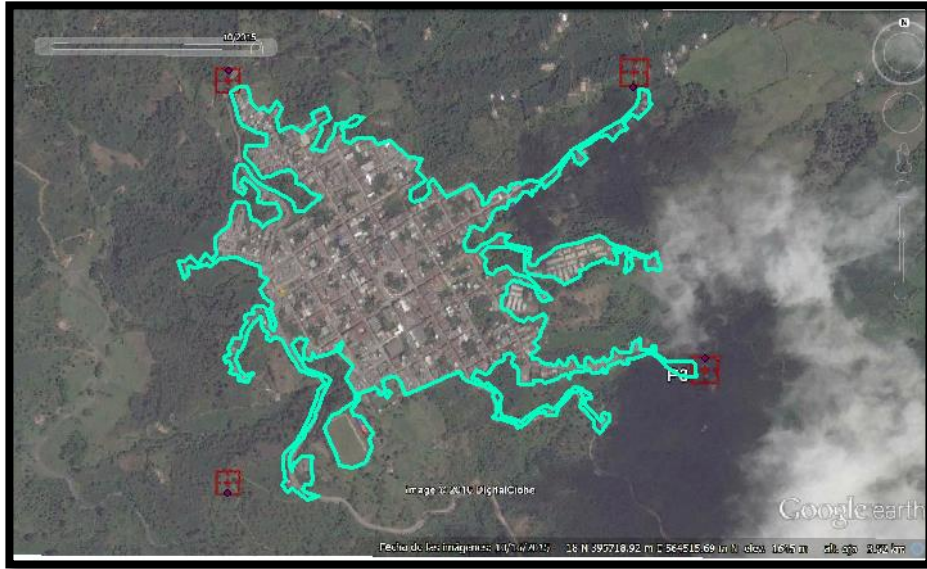


Fuente: Extraído de ArcGis



Fuente: Extraído de ArcGis

Paso 4: Al finalizar de dibujar el polígono, ir a la barra de edición y dar (click) en: Editor- Stop Edition para guardar los cambios del polígono.

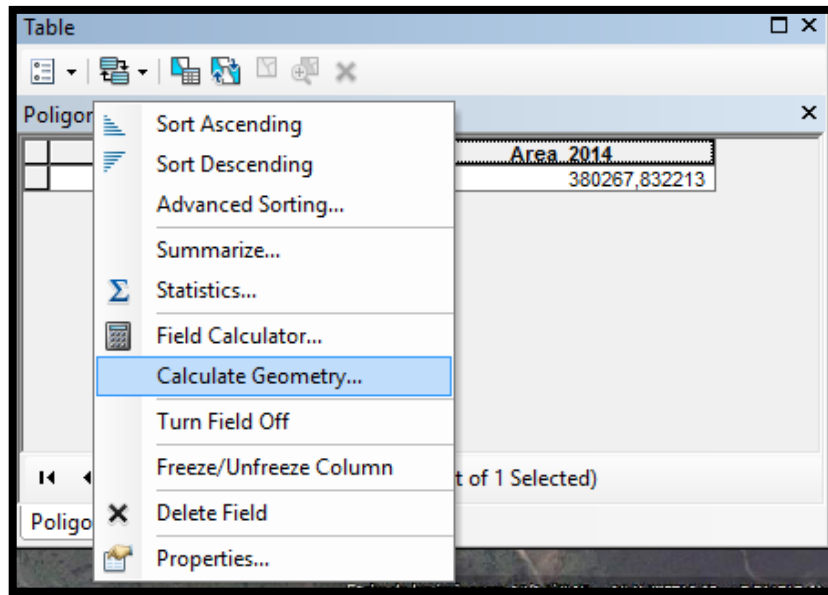


Fuente: Extraído de ArcGis

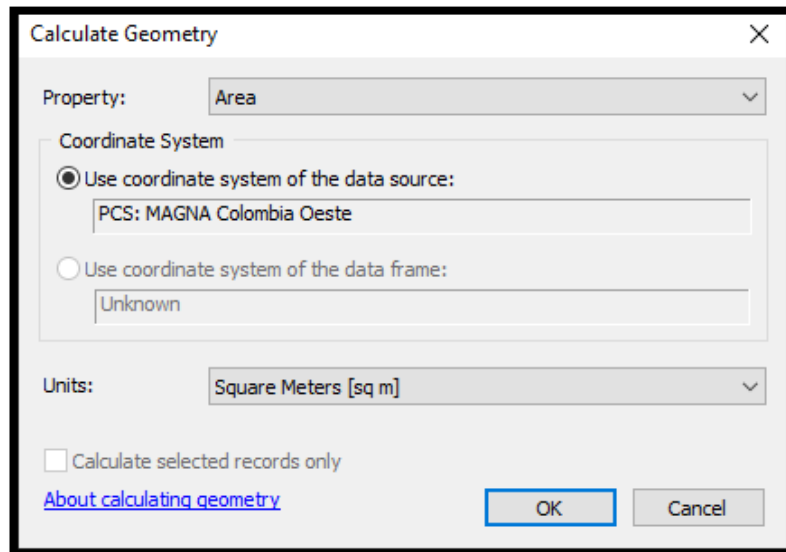
Nota: Para la realización del método dentro del proyecto se decidió tomar la primera y última imagen clara de cada uno de los municipios publicada por Google Earth.

FASE 4: Áreas

Paso 1: Para calcular las áreas de cada polígono es necesario abrir la tabla de atributos del polígono, ir a la fila Área creada anteriormente (clic derecho), Calculate Geometry, en la ventana desplegada seleccionar el sistema de coordenadas y las unidades en las que se desea el área y pulsar ok para finalizar.



Fuente: Extraído de ArcGis



Fuente: Extraído de ArcGis

MÉTODO 2: DELIMITACIÓN DE ÁREAS URBANAS CON IMÁGENES SATELITALES Y HERRAMIENTAS GRATUITAS

Como respuesta al error presentado por el método inicial se decidió plantear un método alternativo a través de Google Earth pro denominado “DELIMITACIÓN DE ÁREAS URBANAS CON IMÁGENES SATELITALES Y HERRAMIENTAS GRATUITAS”, para su desarrollo dentro del proyecto se tomó tres de los municipios con el error más alto presentado en ArcGis software utilizado por medio de la licencia del laboratorio SIG de la facultad de Ciencias Ambientales, los cuales fueron: Balboa Risaralda, Guática Risaralda, Santuario Risaralda.

En este método no se realizará la superposición de mapas ya que en él se analiza el crecimiento del municipio según el área de los polígonos realizados para diferentes imágenes cronológicas de cada uno de los tres municipios.

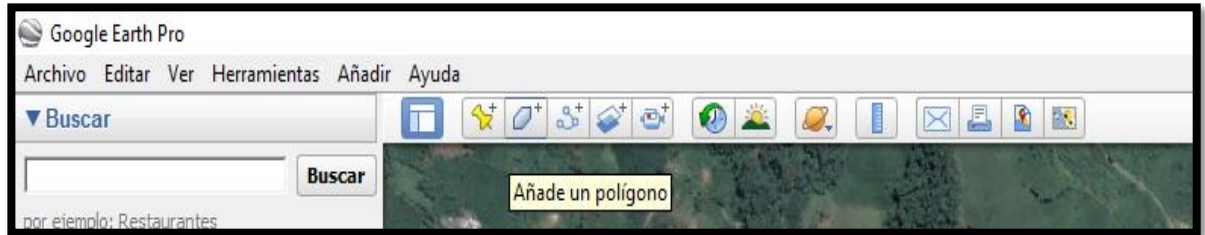
A continuación, se realizará la explicación del método 2 y los pasos necesarios para llevarlo a cabo a cabalidad:

Paso 1: Ubicar en GOOGLE EARTH PRO el lugar al cual se desea analizar su crecimiento



Fuente: Extraído de Google Earth pro

Paso 2: Añadir un polígono mediante la opción establecida en la barra superior del programa.



Fuente: Extraído de Google Earth pro

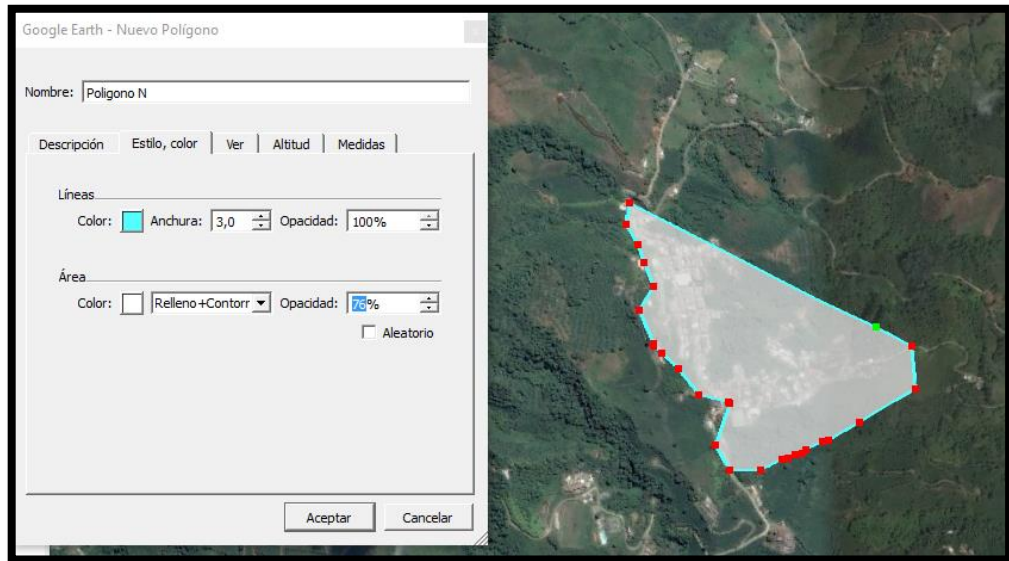
Paso 3: Al añadir un polígono se desplegará la siguiente ventana, dentro de la cual se deberá establecer el nombre del polígono, además de esto se puede Cambiar el estilo y el color con el que se desea dibujar el polígono.



Fuente: Extraído de Google Earth pro

Nota: es importante resaltar que durante la creación del polígono no se debe cerrar la ventana, ya que si esto sucede el polígono inmediatamente se borrara.

Paso 4: En este paso se procede a dibujar el polígono del lugar previamente seleccionado.



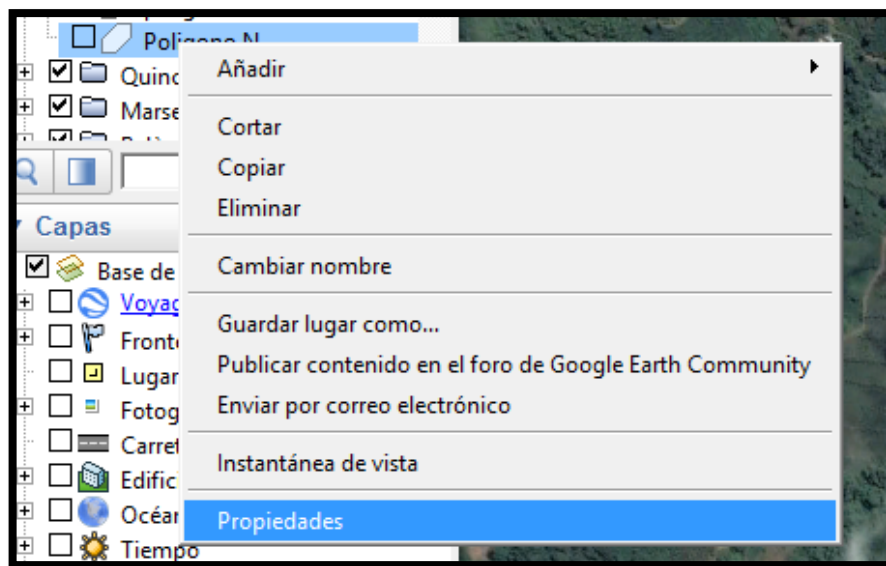
Fuente: *Extraído de Google Earth pro*

Paso 5: Una vez dibujado el polígono se presiona aceptar para culminar y guardarlo, el polígono se visualizará como se presenta a continuación.



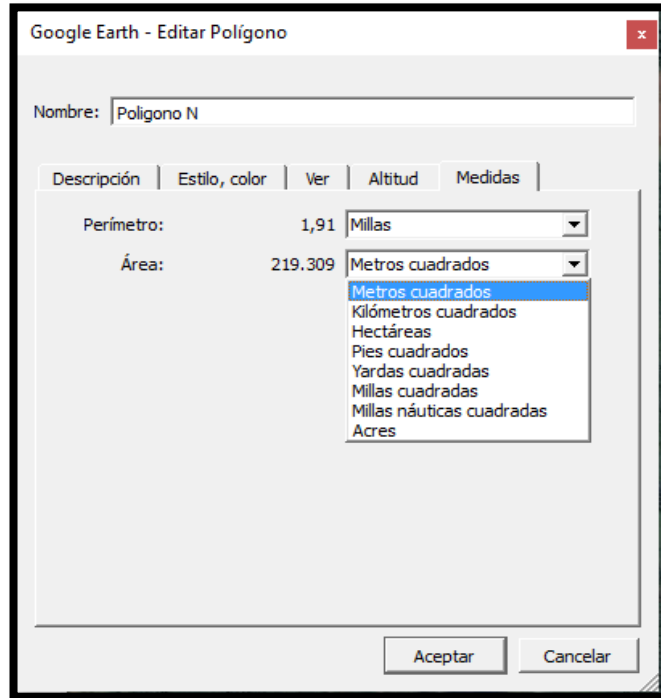
Fuente: Extraído de Google Earth pro

Paso 6: Para conocer el área de cada polígono se debe dar (clic derecho) sobre el nombre del polígono guardado con anterioridad, se desplegará una lista ir a propiedades.



Fuente: Extraído de Google Earth pro

Paso 7: Inmediatamente se desplegará la tabla Editar Polígono, ir a la pestaña medidas y seleccionar la unidad en la cual se desea el área del polígono.



Fuente: Extraído de Google Earth pro

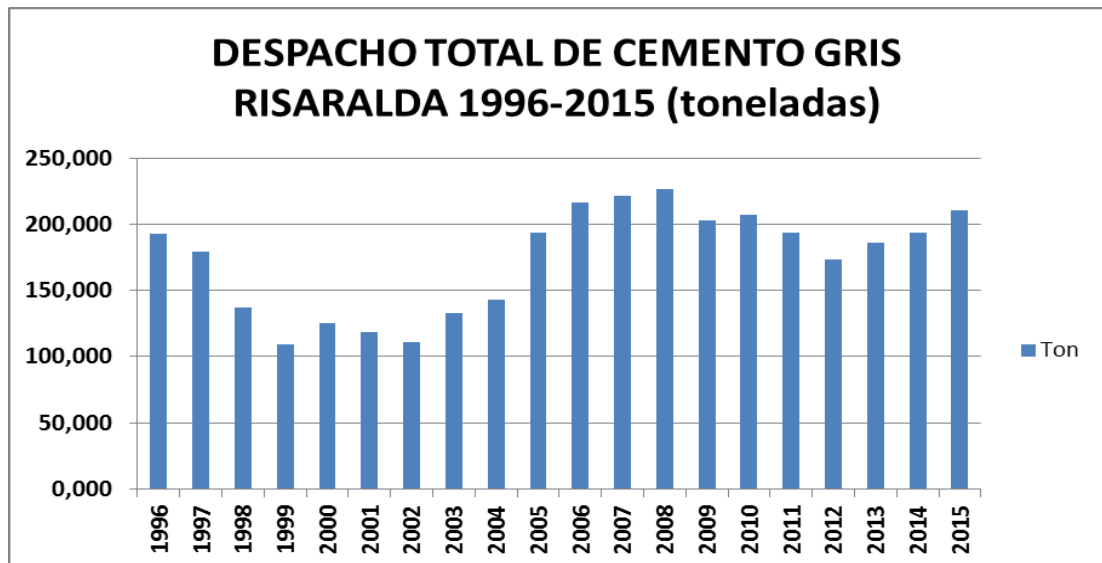
RESULTADOS

DESPACHO DE CEMENTO EN RISARALDA ENTRE EL AÑO 1996-2015

Los datos obtenidos por CAMACOL (2015) y DANE (2016) representan la oferta (flujo de entrada) de cemento en el departamento de Risaralda en el periodo de tiempo entre 1996-2015, teniendo información del despacho de este material en todo el territorio Risaraldense. Los datos tienen como unidades toneladas por año, para satisfacer la demanda de las actividades de construcción en los 14 municipios que conforman el departamento.

El despacho de cemento en el departamento de Risaralda incrementó a partir del año 2002, luego de la disminución que se presentó entre los años 1996-2001 en donde se despacharon 193,055 toneladas de cemento gris y en 5 años disminuyó a 118,654 toneladas, como se evidencia en la **(Gráfica 1)**. **(Ver Anexo 1)**

Gráfica 1 Despacho total de cemento gris Risaralda (1996-2015)



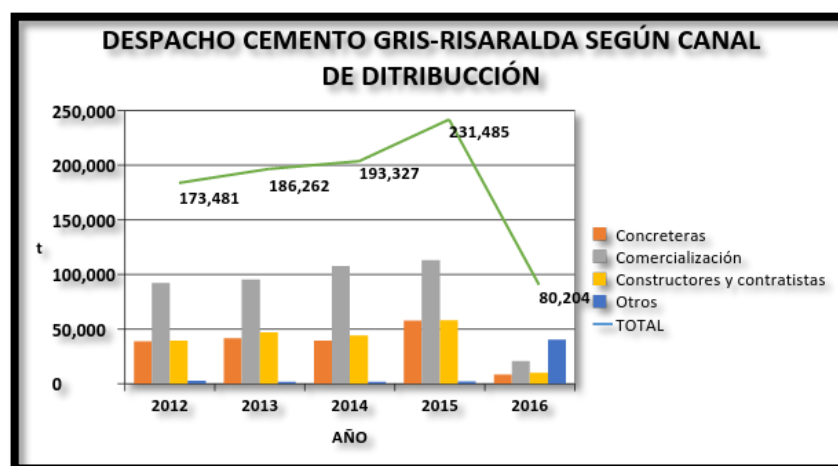
Fuente: Elaboración propia

El incremento en la última década se encuentra relacionado con el crecimiento urbano de los municipios de Risaralda, principalmente en Pereira, Dosquebradas y Santa Rosa De Cabal, en donde la dinámica de actividad constructora es más intensa debido a su crecimiento poblacional y actividades económicas más representativas como la industria y comercio.

Los canales de distribución de cemento son concreteras, comercializadores, constructores, contratistas, entre otros. El principal canal de distribución es la comercialización ya que tiene cantidades más altas respecto a los otros canales de distribución, como se puede observar en el **(Gráfica 2)**, que muestra el comportamiento en los últimos 4 años a partir del año 2012.

De acuerdo a la **(Gráfica 2)** se evidencia el incremento de despacho total de cemento gris en Risaralda desde el año 2012 en donde se despachó 173.481 toneladas de cemento y en el año 2015 alcanzó un total de 231.485 toneladas aumentando un 33.43%. Para lo corrido del 2016 se cuenta con datos de los meses de Enero y Febrero en los cuales se estima un despacho de cemento de 80.204 toneladas según su canal de distribución.

Gráfica 2 Despacho de cemento gris (Risaralda) según su canal de distribución



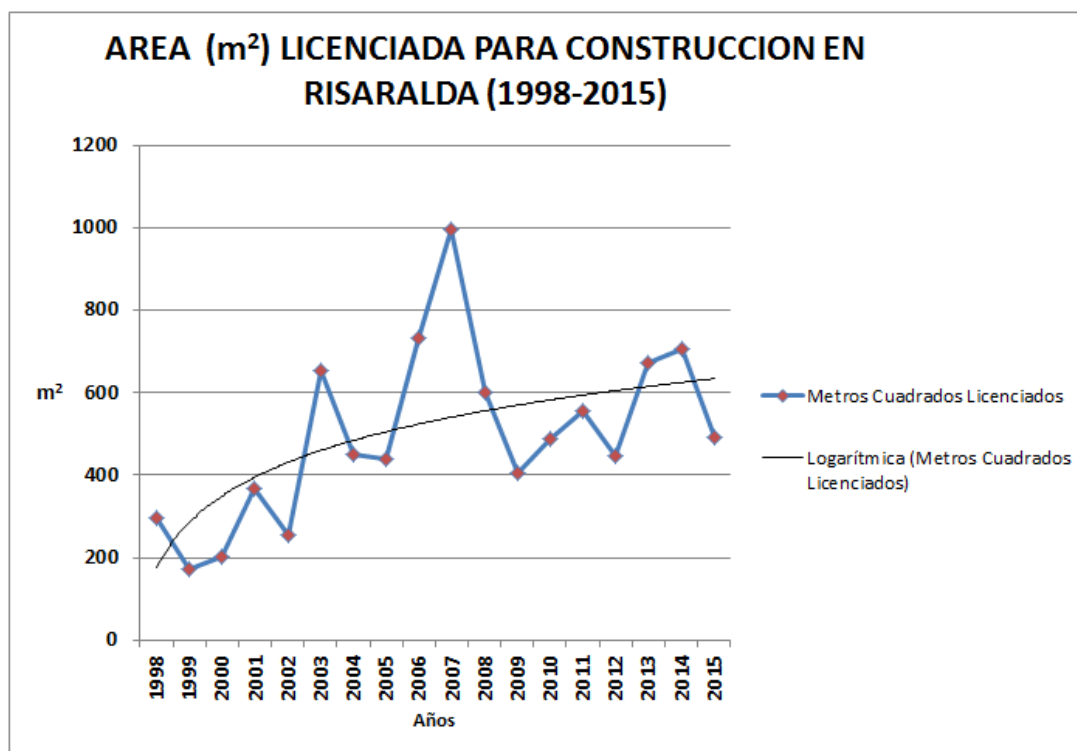
Fuente: Elaboración propia

ÁREA (m²) LICENCIADA PARA CONSTRUCCIÓN EN RISARALDA 1998-2015

El área licenciada para la construcción en el departamento de Risaralda se ha tenido registro y datos desde el año 1998 hasta el 2015, los datos son tomados de las bases de datos del Departamento Administrativo Nacional de Estadística-DANE (*Ver Anexo 2*).

En el año 2007 se presentó el mayor número de metros cuadrados (m²) para la construcción en todo el departamento de Risaralda, en donde se licenciaron 997.446 m² demostrando una alta dinámica en el sector de actividades de Construcción, validando de esta manera las 221.581 t de cemento que se despachó en el mismo año ver (*Gráfica 3*).

Gráfica 3 Área (m²) Licenciada para construcción en Risaralda (1998-2015)



Fuente: Elaboración propia

CONSUMO DE CEMENTO POR MUNICIPIOS

Es pertinente aclarar que para realizar la estimación del consumo de cemento en cada municipio, se encontraron dificultades en la investigación en el momento de búsqueda de datos, debido a que las bases de datos oficiales como CAMACOL(2016) y DANE (2016) cuentan con datos generales de Risaralda y no a nivel municipal.

Los municipios de Dosquebradas y Pereira son los únicos de los 14 municipios que conforman el departamento de Risaralda, que tienen registros de información respecto a su área licenciada en metros cuadrados (m²) entre los años 2005-2015, los demás no reportan esta información a las bases de datos departamentales ni nacionales como CAMACOL Y DANE, por consiguiente se determinó estimar el área de los municipios que carecen de esta información mediante los dos métodos propuestos.

Contando con el área en m² de cada municipio procedemos a estimar la cantidad de cemento que se consume en cada uno de ellos en diferentes años. Para realizar esta estimación se hace referencia en la información y los estándares de consumo que se presentan en Colombia según los sistemas constructivos caracterizados por el DANE a partir de la CSRC 2010 (CONSTRUDATA, 2014) (Tabla 3 Estándares de consumo que se presentan en Colombia según los sistemas constructivos. **Tabla 3**).

Tabla 3 Estándares de consumo que se presentan en Colombia según los sistemas constructivos.

Sistema Constructivo	Cemento kg/m ²	Descripción
Industrializado	156,74	vaciado en concreto por formaleta
Mampostería Confinada	306,12	En este sistema se construyen muros con ladrillos o bloques, donde el refuerzo se coloca perimetralmente mediante vigas y columnas de concreto reforzado
Mampostería Estructural	138,78	Sistema estructural clasificado por la norma sismo resistente dentro del sistema de muros de carga.

Modificado De: CONSTRUDDATA, 2014

Los porcentajes de Los sistemas constructivos utilizados en Colombia se pueden observar en la (**Gráfica 4**) presentado por el DANE Y CONSTRUDDATA, 2014.

Gráfica 4 Distribución (%) uso de los sistemas constructivos en Colombia

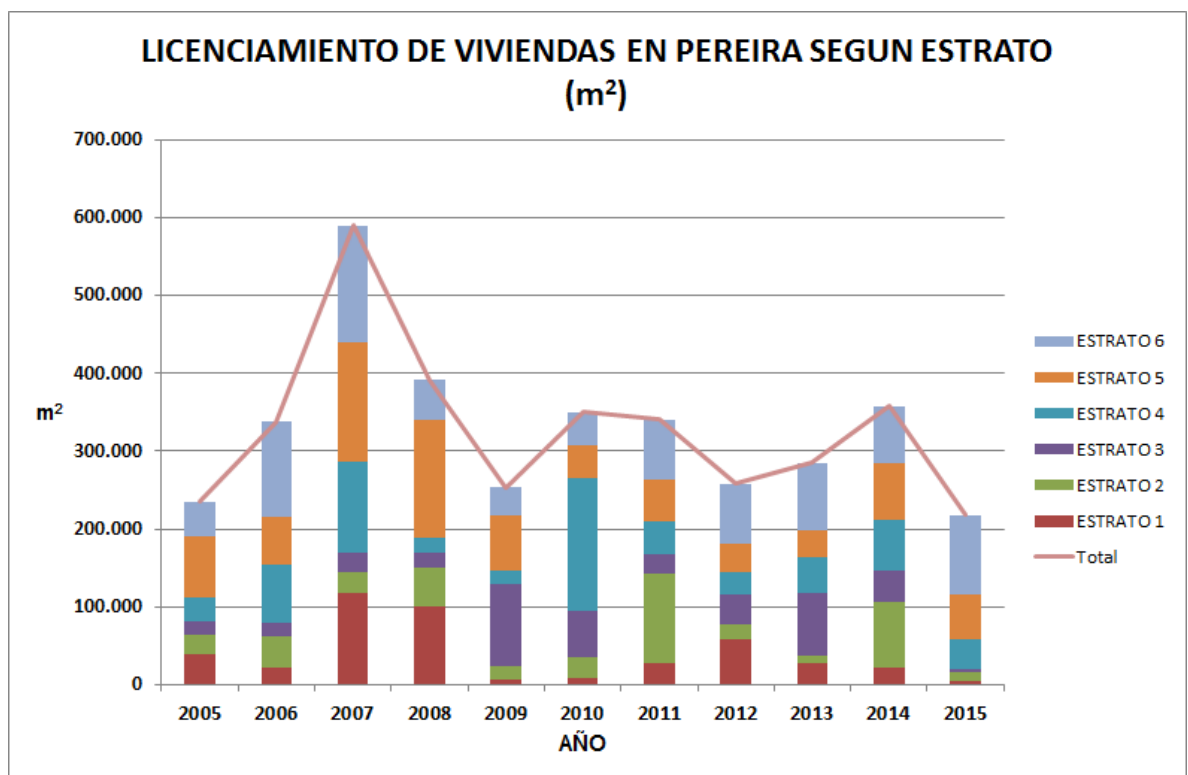


Fuente: CONSTRUDDATA, 2014

PEREIRA RISARALDA

El licenciamiento de área para la construcción en la capital Risaraldense, tiene registros oficiales en las bases de datos del (DANE, 2016) desde el año 2005 hasta el 2015, el área en m² distribuida por estratos permite conocer el comportamiento de la construcción en la ciudad como se puede observar en la **(Gráfica 5)**.

Gráfica 5 Licenciamiento de viviendas en Pereira según estrato (m²)



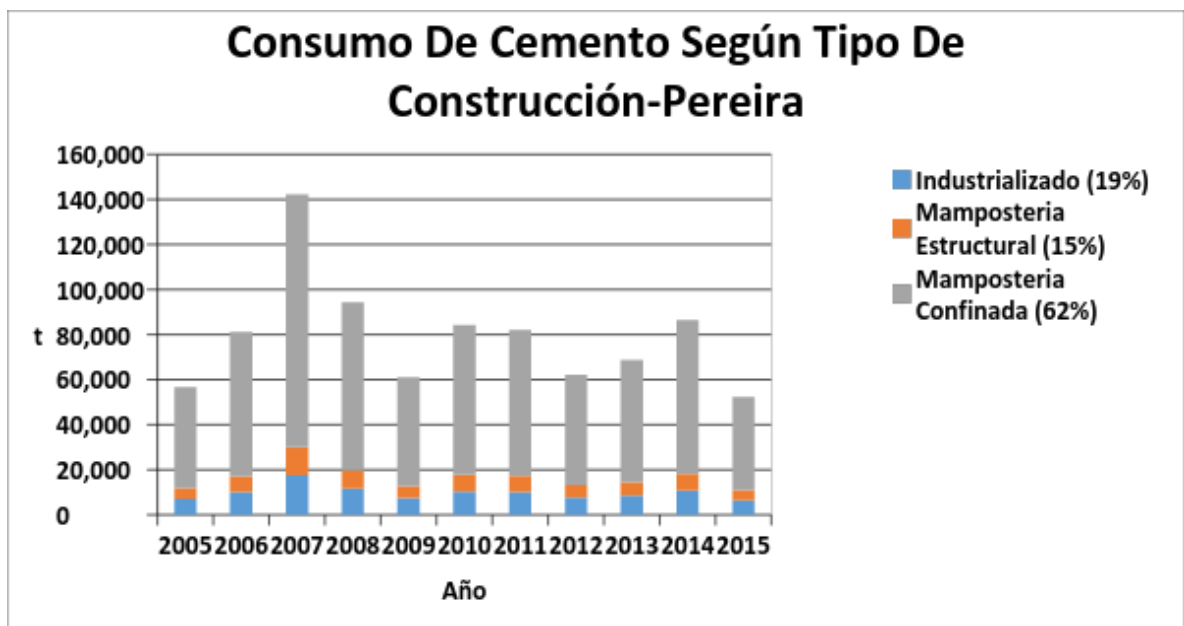
Fuente: Elaboración propia.

La tendencia en este periodo de tiempo nos muestra que los estratos 6, 5 y 4 han sido los de mayor actividad al momento de construir comparado con los estratos medio y bajo 1,2 y 3. Así mismo se puede observar que el año 2007 tuvo el pico más alto en estos 10 años con un total de 590.480 m² licenciados, dato que evidencia la alta dinámica constructiva que se presentó en el mismo año en Risaralda. Seguidamente en la Ciudad de Pereira se da un decrecimiento en el

área licenciada en el año 2008 con 391.287 m² desde ese momento hasta el año 2015 el área licenciada para la construcción fluctúa entre los 300.000 y 400.000 m² (**ver Anexo 3**).

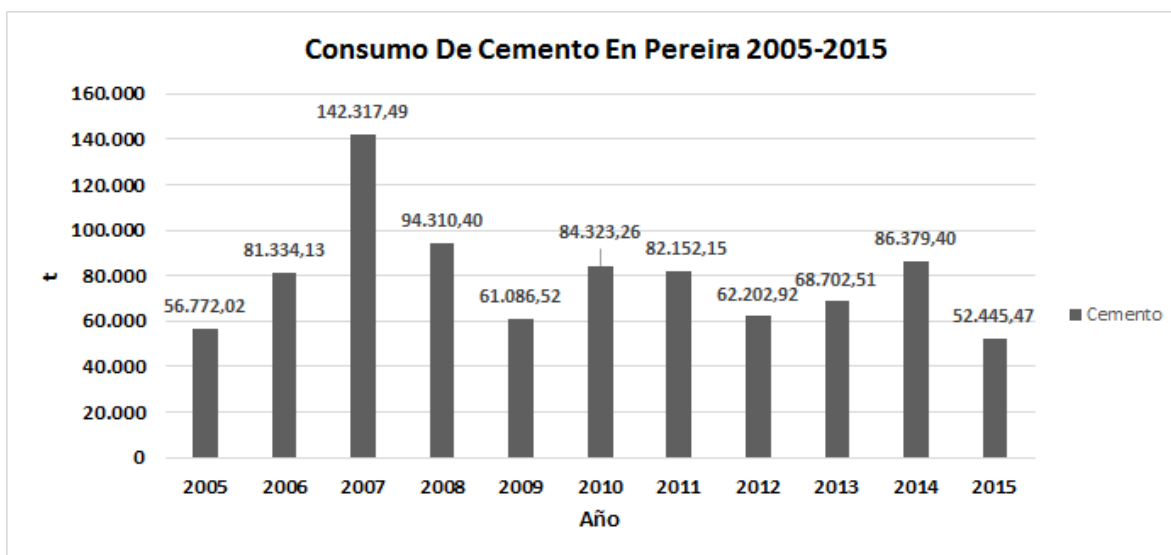
La cantidad de Cemento consumido en el municipio de Pereira durante los últimos 10 años ha tenido una tendencia irregular debido a los procesos de urbanización urbana que dan lugar a nuevas zonas residenciales en la ciudad a lo largo de este periodo. En la estimación se tiene en cuenta la cantidad de cemento consumido según el tipo de construcción o sistema constructivo y poder analizar los cambios que se dan entre cada uno de ellos como lo indica la (**Gráfica 6**) y (**ver Anexo 4Anexo 4**).

Gráfica 6 Consumo de cemento para Pereira según el tipo de construcción.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 7 Consumo total de cemento en Pereira (2005-2015)



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la **(Gráfica 7)** se puede inferir que el año 2007 fue en el que se consumió la mayor cantidad de cemento, 142.317 t fueron utilizadas en la construcción de nuevas edificaciones, ratificando así la acelerada dinámica constructiva que se presentó en el departamento y que disminuye en los siguientes años.

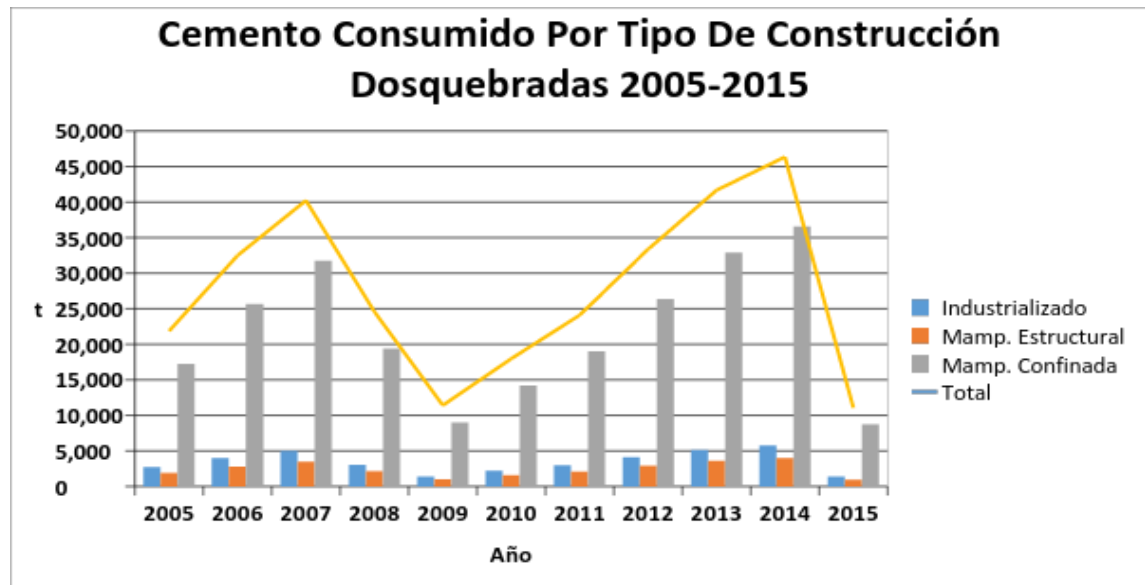
DOSQUEBRADAS RISARALDA

El municipio de Dosquebradas tiene un comportamiento en el consumo de cemento con años en los que el consumo aumentó progresivamente pero se encontró con decrecimientos importantes, evidenciando una tendencia poco regular en el momento de construir nuevas áreas en su casco urbano **(ver Anexo 5)**.

Los años en los cuales se presentó una mayor demanda de este material fueron el 2007 con 40.230 t y el 2014 46.357 t, diferente a los años 2009 y 2015 que no

pasaron la línea de 11.000 t siendo así los años de menor consumo, como lo muestra la **(Gráfica 8)**.

Gráfica 8 Cemento consumido según tipo de construcción para Dosquebradas.



Fuente: Elaboración propia

RESULTADOS EN OTROS MUNICIPIOS DE RISARALDA

MÉTODO 1: MÉTODO PARA PROYECCIÓN GEO ESTADÍSTICA DE LA EXPANSIÓN URBANA EN PEQUEÑOS MUNICIPIOS

Apía Risaralda

Para realizar el análisis en el municipio de Apía y de los resultados arrojados al aplicar el método 1, es necesario aclarar que las imágenes suministradas por Google Earth corresponden a los años 2014 y 2015.

A continuación, se presentan algunos mapas referentes a la aplicación del método para cada uno de los años y la superposición de los mapas.

Municipio de Apía Risaralda 2014 con polígono

Mediante el método 1 para el año 2014 se estima un área construida de 379.964,50 (m²), durante la aplicación del método para el municipio se contó con un error promedio de 29,82 metros. El (**Mapa 1**) se toma como el momento uno para la estimación de crecimiento en el municipio.

Mapa 1 Apía Risaralda 2014 con polígono



Fuente: Extraído de Google Earth

Municipio de Apía Risaralda 2015 con polígono

Para el año 2015 se calculó un área de 404406,80 (m²), lo que indica que en el transcurso de un año a otro, en el municipio se presentó un aumento en su área de 24442,30 (m²), suceso que lleva a inferir un crecimiento del 6,04% entre los períodos 2014 y 2015 en su casco urbano (**Mapa 2**).

Mapa 2 Apía Risaralda 2015 con polígono

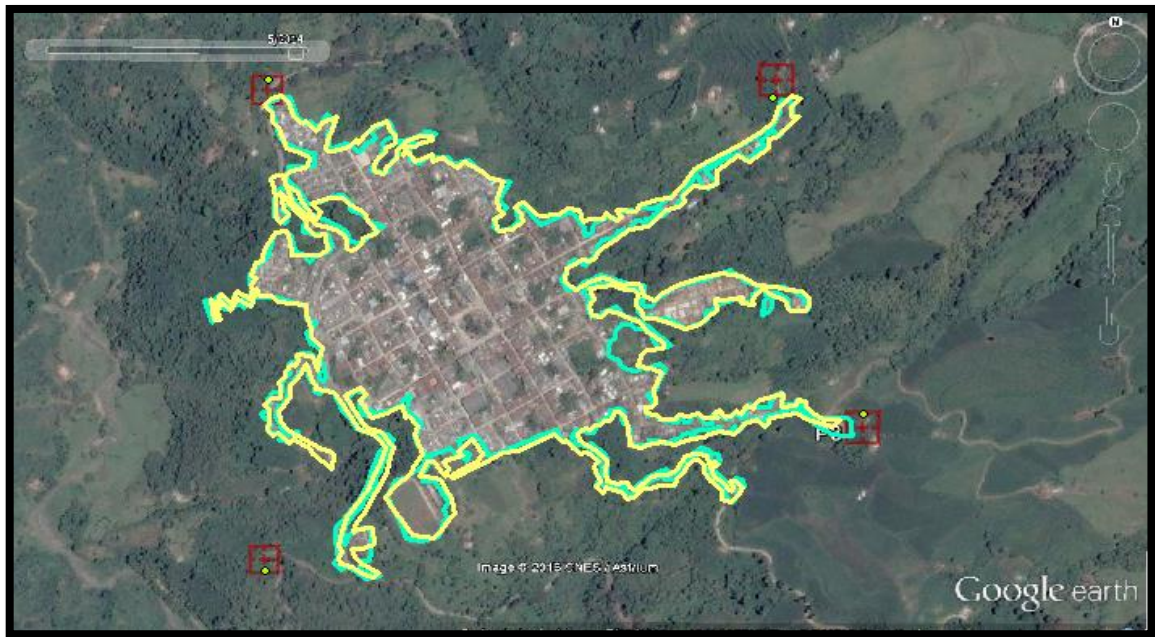


Fuente: Extraído de Google Earth

Apía superposición de polígonos

En el **(Mapa 3)** se pueden visualizar la superposición de los polígonos del año 2014 y 2015 y evidenciar los cambios que ha tenido el municipio.

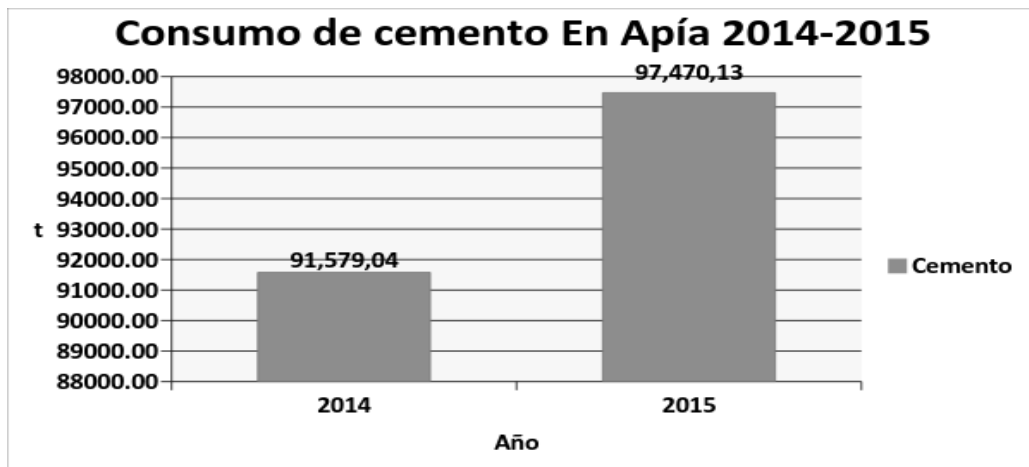
Mapa 3 Apía superposición de polígonos



Fuente: Extraído de Google Earth

En las siguientes gráficas se presenta consumo de cemento para el municipio de Apía según el volumen de cemento por (m²) establecido para cada Sistema De Construcción. **(Ver Anexo 6)**

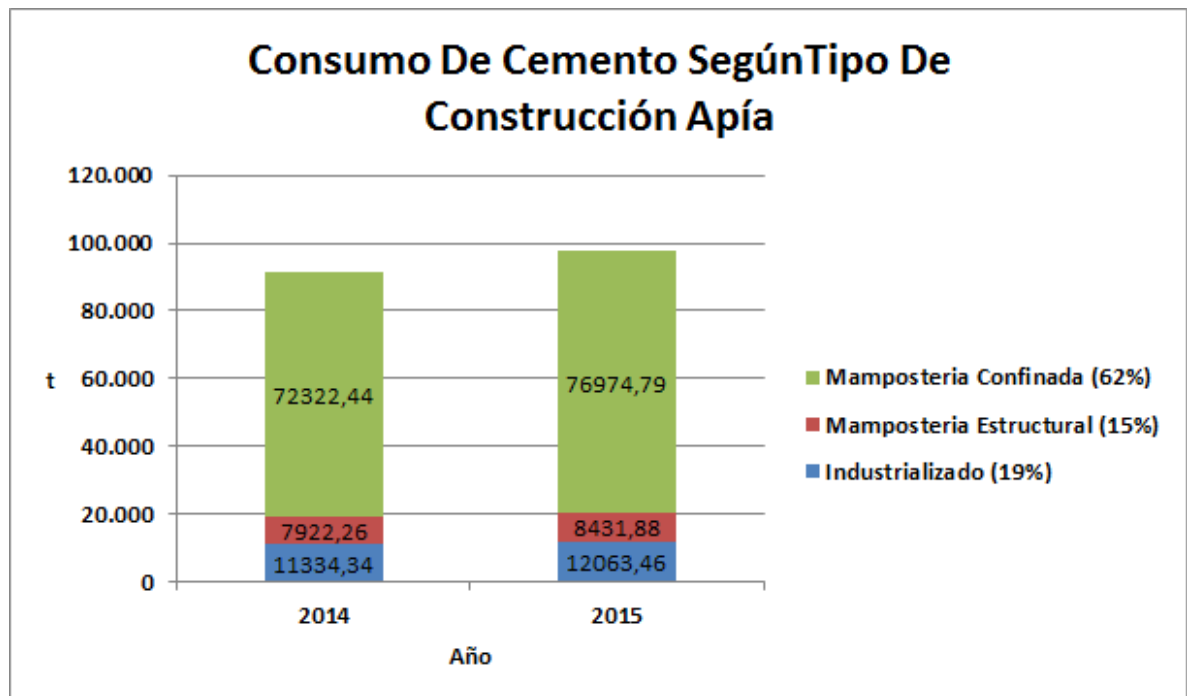
Gráfica 9 Consumo de Cemento en Apía (2014-2015)



Fuente: Elaboración propia

La **(Gráfica 9)** muestra el consumo de cemento aproximado total que ha tenido el municipio de Apía que para el año 2014 fue de 91579,04 t y para el 2015 fue de 97470,13 t.

Gráfica 10 Consumo de Cemento según tipo de construcción (Apía)



Fuente: Elaboración propia

La **(Gráfica 10)** muestra el consumo de cemento según el tipo de construcción (mampostería confinada, mampostería estructural, industrializada) que ha tenido el municipio de Apía para los años 2014 y 2015 respectivamente.

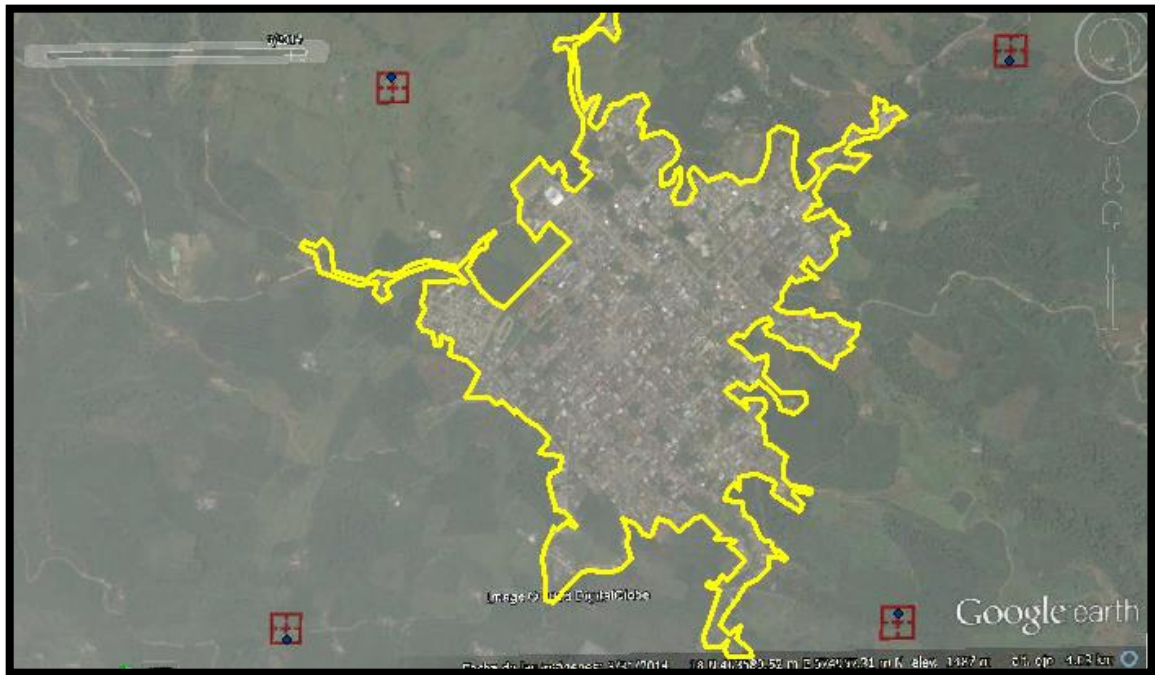
Belén de Umbría Risaralda

Para el municipio de Belén de Umbría las imágenes suministradas por Google Earth corresponden a los años 2014 y 2015, los resultados de la aplicación del método 1 se presentan mediante los polígonos correspondientes a ambos años y la superposición de los mismos.

Municipio de Belén de Umbría 2014 con polígono

Para el año 2014 el método estimó un área construida aproximada de 728.281,39 (m²), con un error promedio para el municipio de 24,4 metros (**Mapa 4** Belén de Umbría 2014 con polígono **Mapa 4**).

Mapa 4 Belén de Umbría 2014 con polígono



Fuente: *Extraído de Google Earth*

Municipio de Belén de Umbría 2015 con polígono

En el año 2015 el análisis arrojado por el método 1 fue de un área aproximada de 748862,87 (m²) lo que indica que al calcular los dos años evaluados el municipio de Belén ha tenido un crecimiento de 20581,48 (m²), valor equivalente a un 2,75% de crecimiento total aproximado (**Mapa 5**).

Mapa 5 Belén de Umbría 2015 con polígono

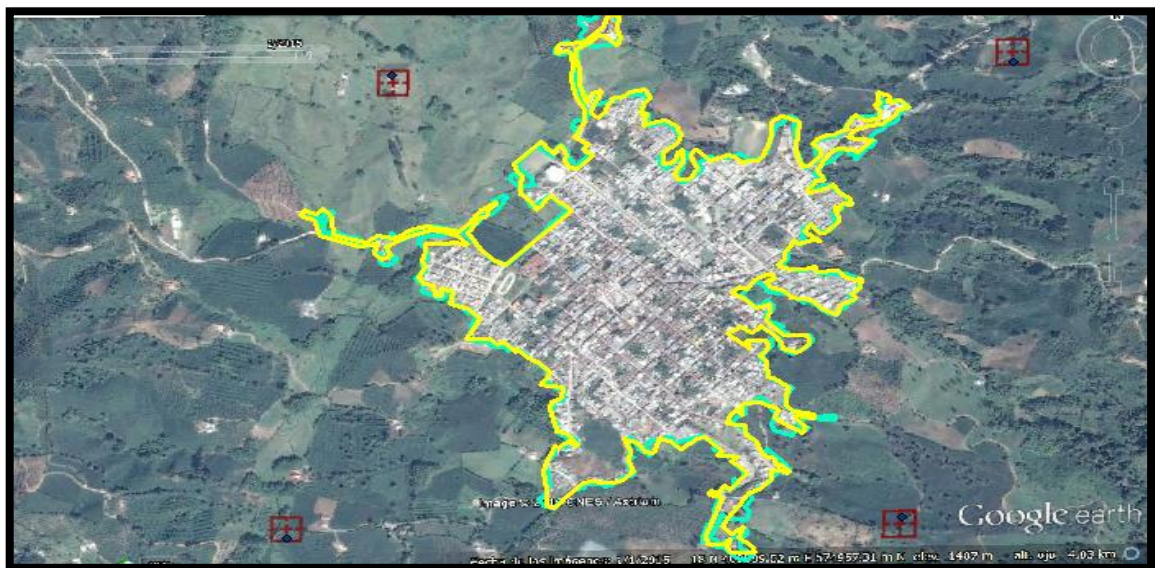


Fuente: Extraído de Google Earth

Superposición de polígonos

La superposición de los mapas se lleva a cabo para tener una perspectiva más clara de cómo el área municipio en el transcurrir de los años ha ido creciendo.

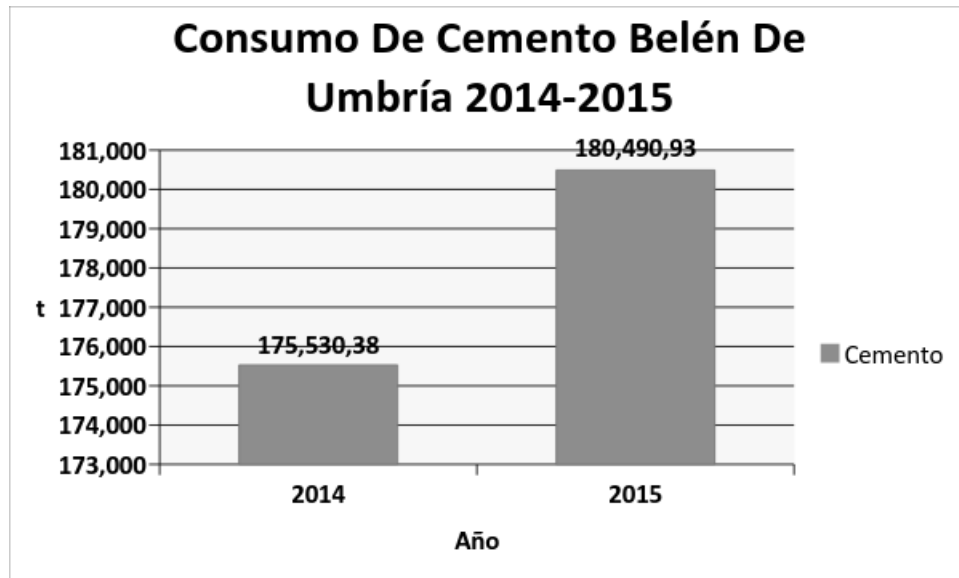
Mapa 6 Superposición de polígonos



Fuente: Extraído de Google Earth

En las siguientes gráficas se presenta consumo de cemento para el municipio de Belén de Umbría según el volumen de cemento por (m²) establecido para cada Sistema De Construcción. **(Ver Anexo 7)**

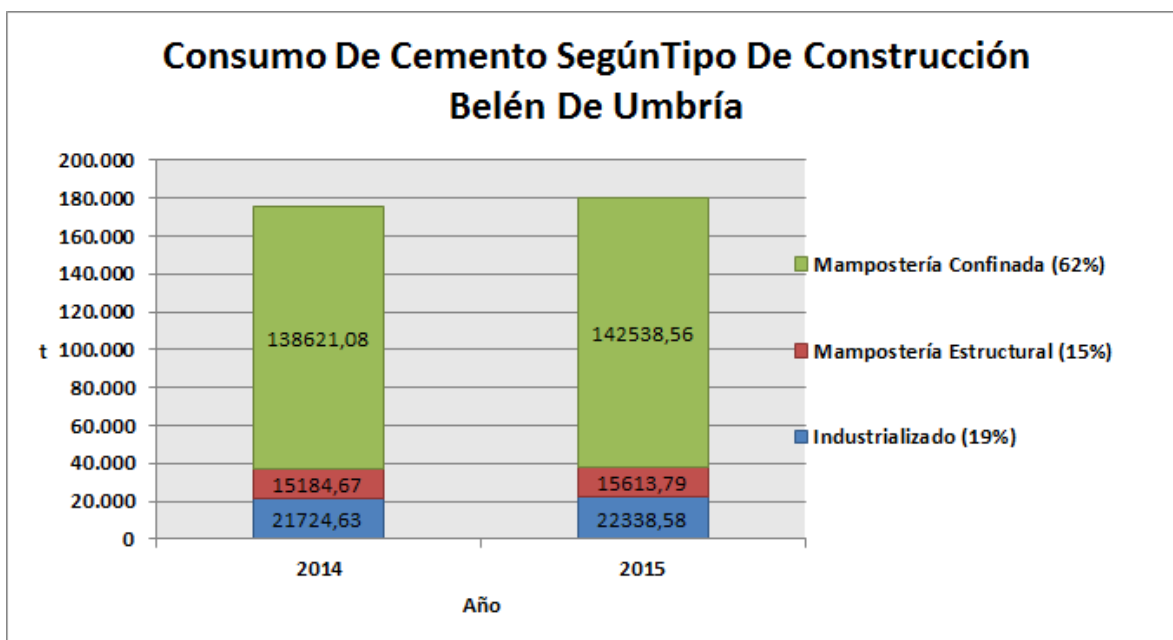
Gráfica 11 Consumo de Cemento en Belén de Umbría (2014-2015)



Fuente: Elaboración propia

La **(Gráfica 11)** muestra el consumo de cemento aproximado total que ha tenido el municipio de Belén de Umbría que para el año 2014 fue de 175530,38t y para el 2015 fue de 180490,93 t.

Gráfica 12 Consumo de Cemento según tipo de construcción (Belén de Umbría)



Fuente: Elaboración propia

La **(Gráfica 12)** muestra el consumo de cemento según el tipo de construcción (mampostería confinada, mampostería estructural, industrializada) que ha tenido el municipio de Belén de Umbría para los años 2014 y 2015.

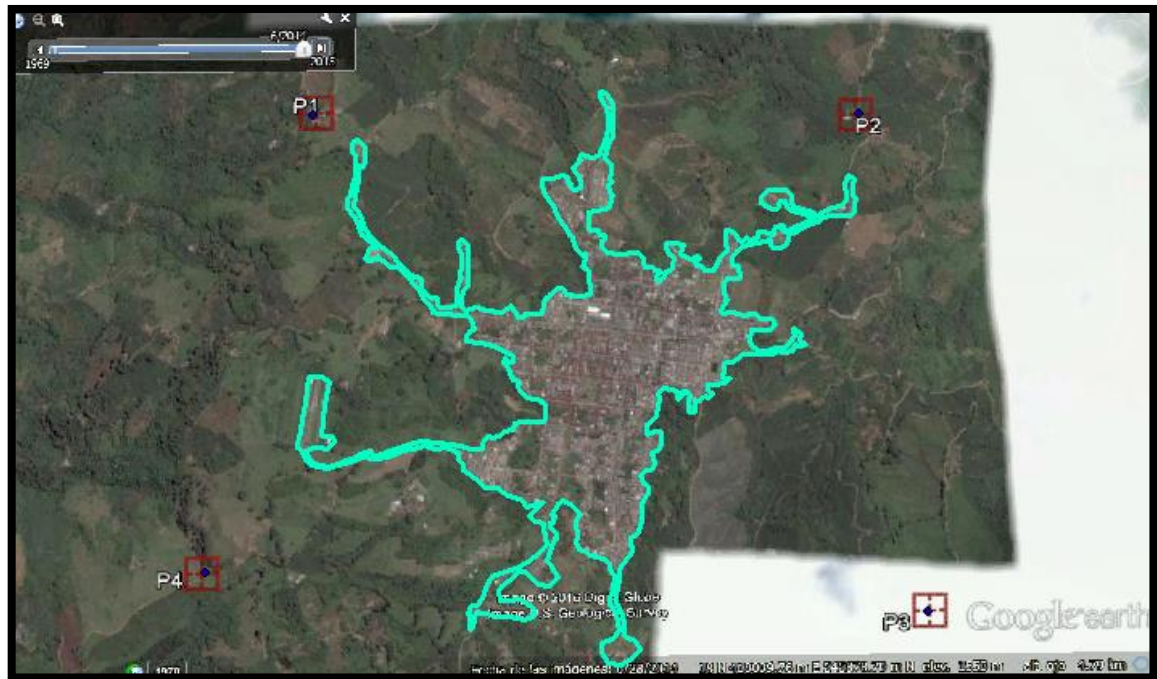
Marsella Risaralda

Del mismo modo que los municipios anteriores para Marsella Risaralda se evaluaron los años 2014 y 2015 debido a la poca cantidad y calidad de imágenes de orden cronológico presentadas por el servidor de Google Earth.

Municipio de Marsella 2014 con polígono

El error promedio estimado para el municipio de Marsella 10,32 metros, y se calculó un área de 638.483,01 (m²) **(Mapa 7)**.

Mapa 7 Marsella 2014 con polígono

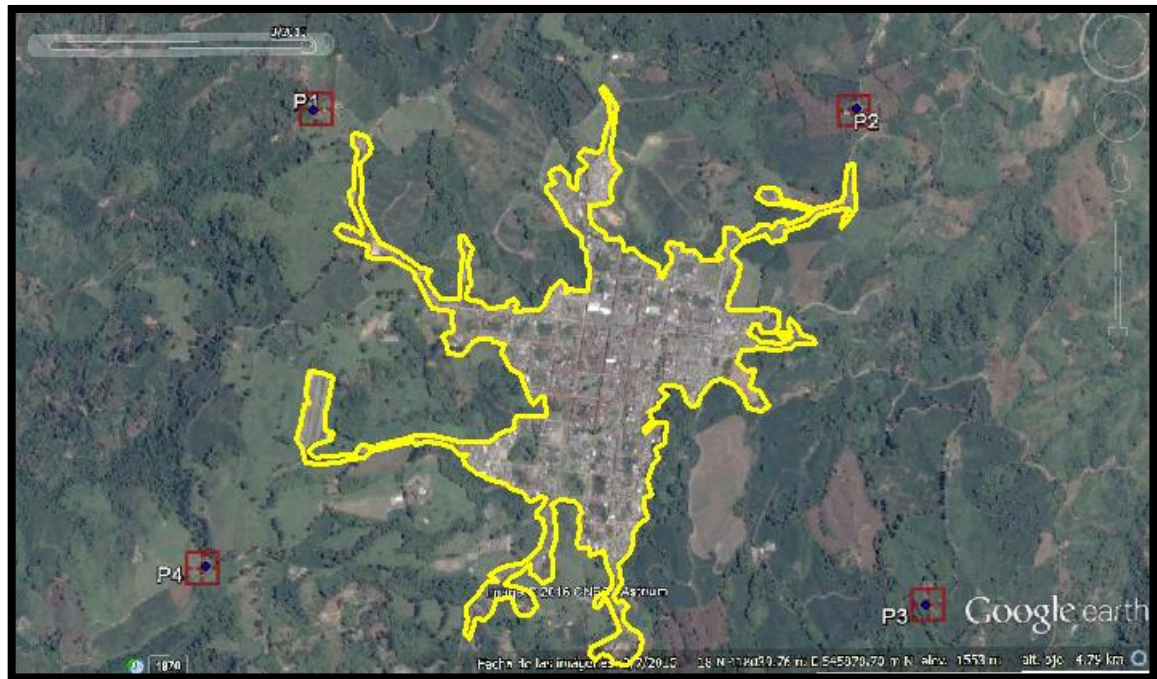


Fuente: Extraído de Google Earth

Municipio de Marsella 2015 con polígono

El municipio de Marsella para el año 2015 presenta un área aproximada de 709.771,07 (m²). A partir del resultado arrojado por el método 1 en el cual se comparan los años 2014 y 2015 se hace referencia a que el crecimiento del municipio fue del 10,04%, lo cual equivale a 71.288,07(m²) (**Mapa 8**).

Mapa 8 Marsella 2015 con polígono

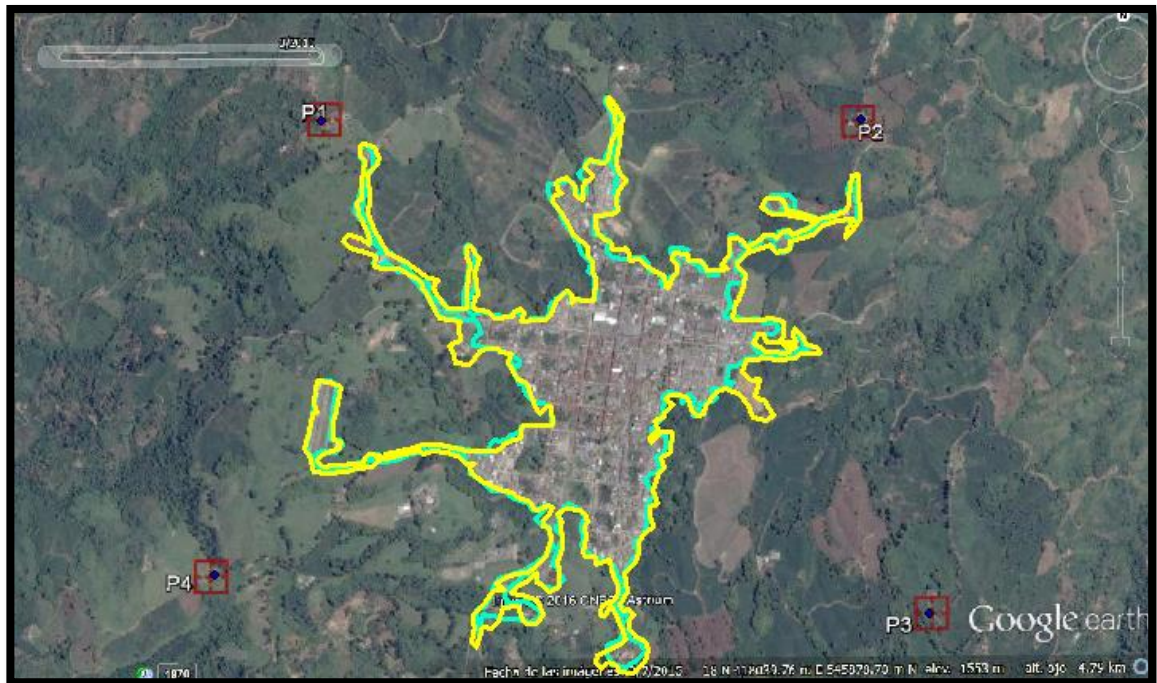


Fuente: Extraído de Google Earth

Marsella superposición de polígonos

La superposición (**Mapa 9**) muestra el crecimiento aproximado que se vive en el municipio para los años 2014 y 2015.

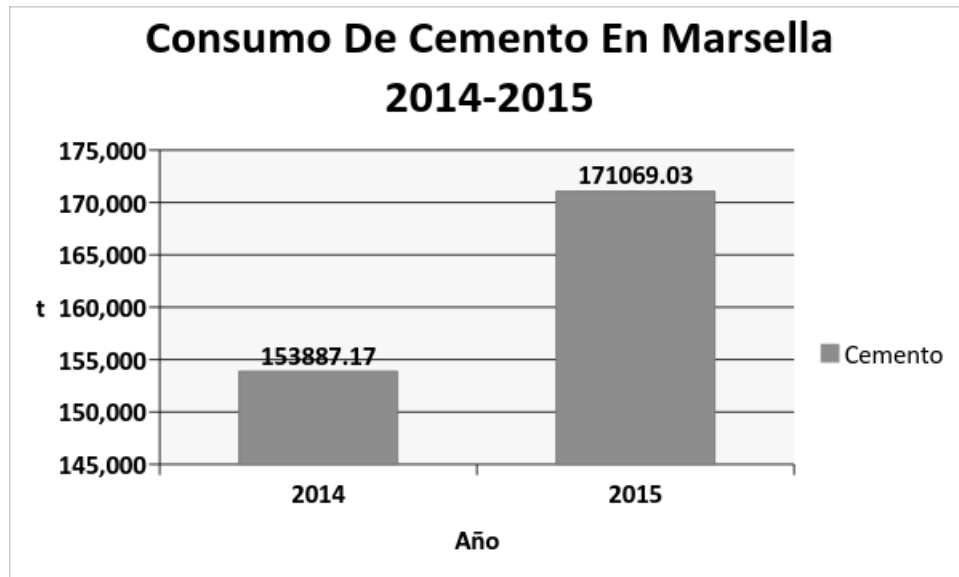
Mapa 9 superposición de polígonos



Fuente: Extraído de Google Earth

En las siguientes gráficas se presenta consumo de cemento para el municipio de Marsella según el volumen de cemento por (m²) establecido para cada Sistema De Construcción. **(Ver Anexo 8)**

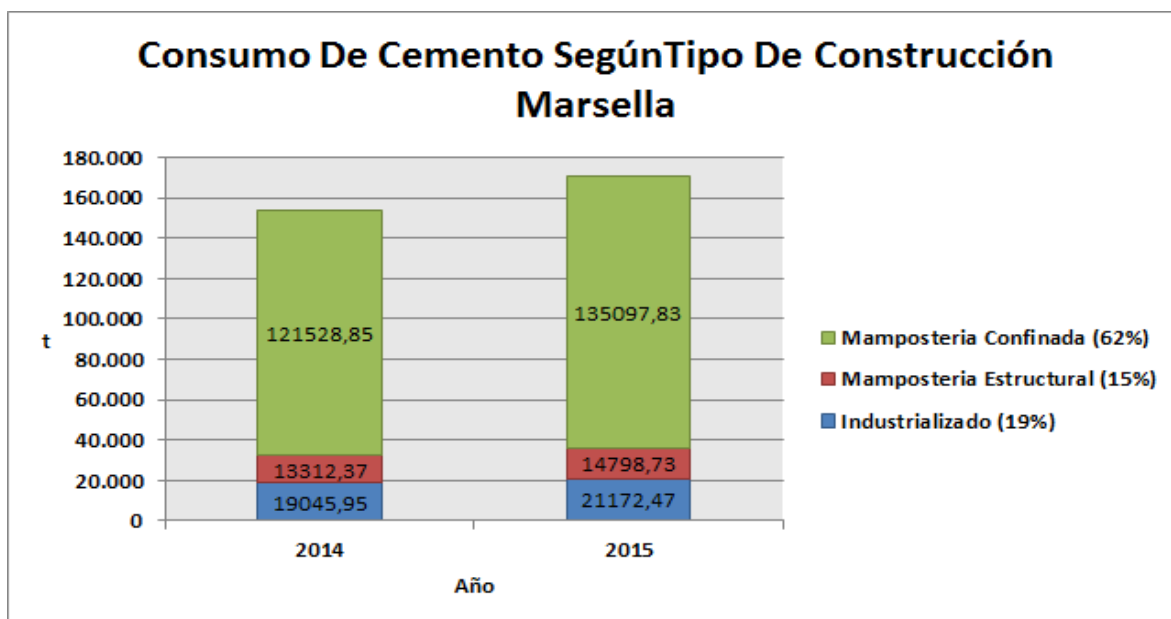
Gráfica 13 Consumo de Cemento en Marsella (2014-2015)



Fuente: *Elaboración Propia*

La (**Gráfica 13**) muestra el consumo de cemento aproximado total que ha tenido el municipio de Marsella que para el año 2014 fue de 153887,17 t y para el 2015 fue de 171069,03 t.

Gráfica 14 Consumo de Cemento según tipo de construcción (Marsella)



Fuente: Elaboración Propia

La **(Gráfica 14)** muestra el consumo de cemento según el tipo de construcción (mampostería confinada, mampostería estructural, industrializada) que ha tenido el municipio de Marsella para los años 2014 y 2015.

Mistrató Risaralda

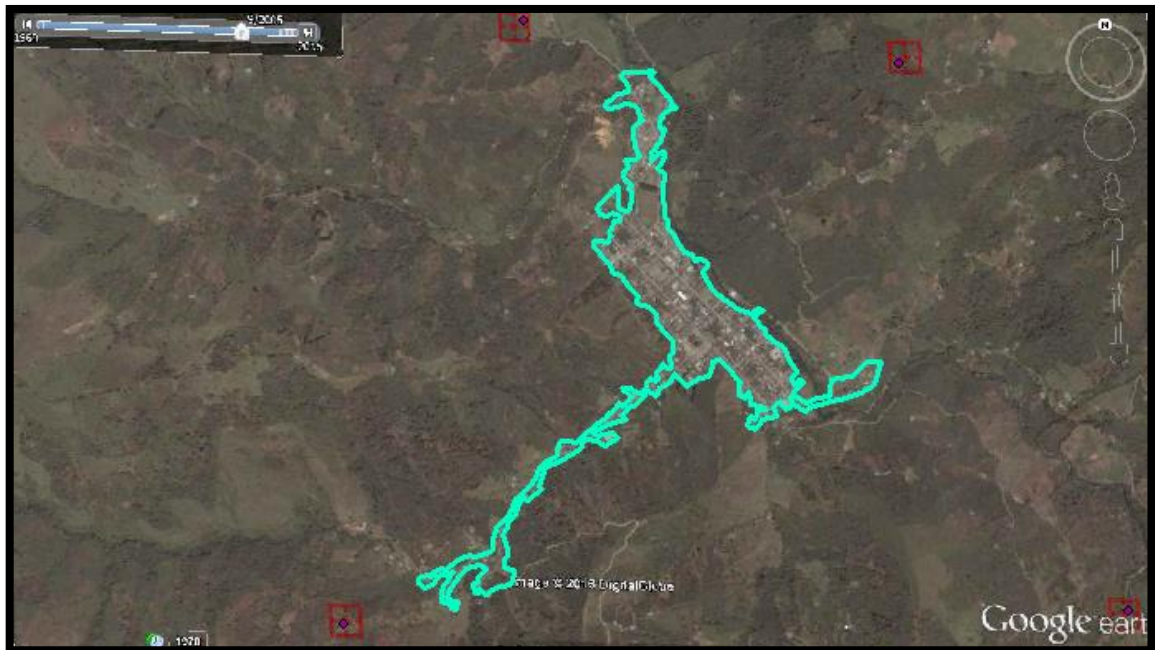
Para el municipio de Mistrató se contó con imágenes más antiguas, hecho que permite más claridad en cómo a través del tiempo el municipio ha ido creciendo.

El análisis del municipio se realizó para los años 2005 y 2015, a continuación se presentan los polígonos para cada año y su superposición.

Municipio de Mistrató 2005 con polígono

El error promedio estimado para el municipio de Mistrató 23,09 metros, y se calculó un área de 275011,19 (m²) **(Mapa 10)**.

Mapa 10 Mistrató 2005 con polígono

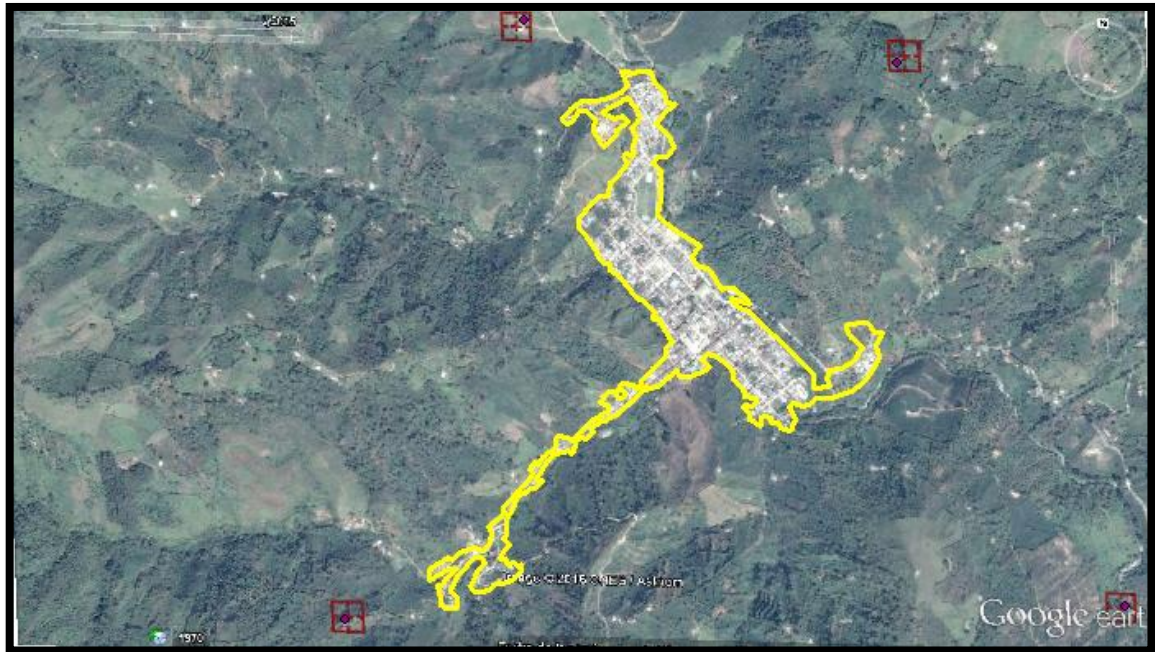


Fuente: Extraído de Google Earth

Municipio de Mistrató 2015 con polígono

El municipio de Mistrató para el año 2015 (**Mapa 11**) presenta un área aproximada de 340.814,16 m². Al realizarse la comparación entre los años 2005 y 2015 se hace referencia a que el crecimiento del municipio fue del 19,31%, lo cual equivale a 65.802,96 (m²).

Mapa 11 Mistrató 2015 con polígono

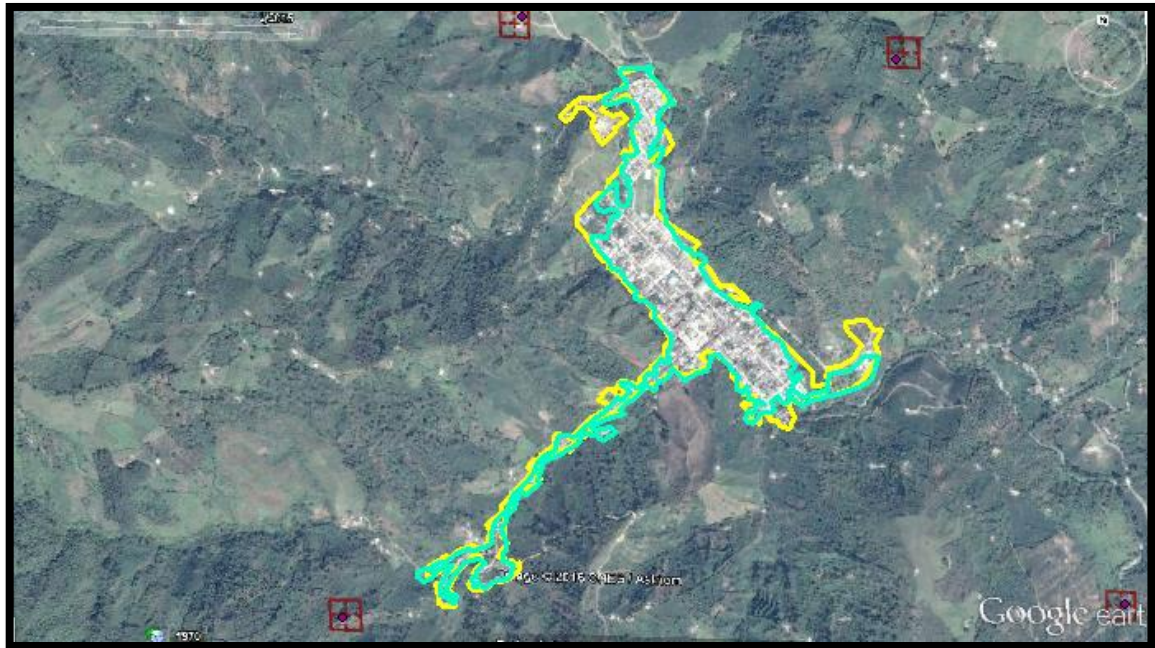


Fuente: Extraído de Google Earth

Mistrató superposición de polígonos

En el siguiente (**Mapa 12**) se pueden visualizar la superposición de los polígonos del año 2005 y 2015 y evidenciar los cambios que ha tenido el municipio.

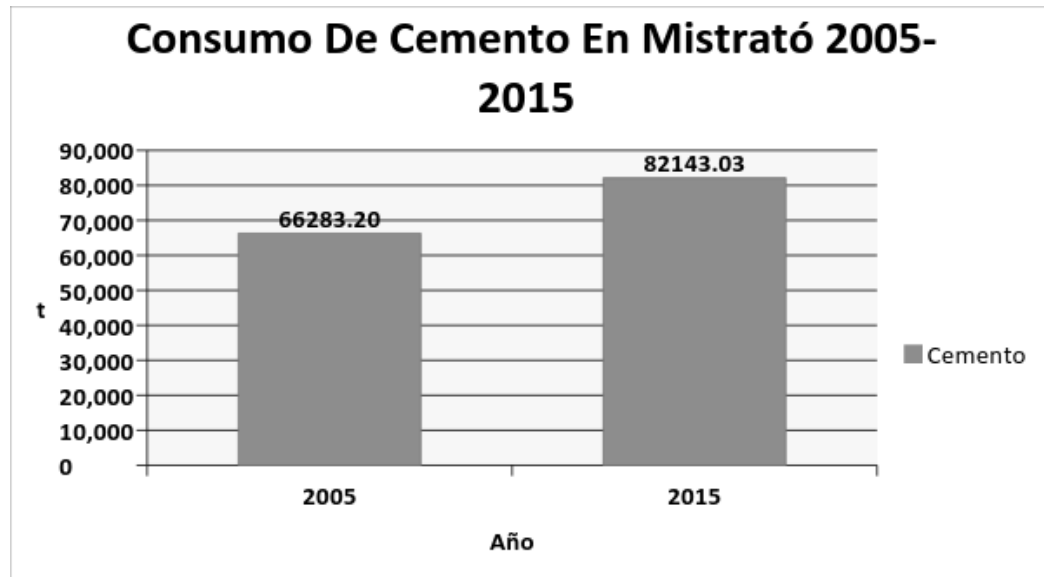
Mapa 12 superposición de polígonos



Fuente: Extraído de Google Earth

En las siguientes gráficas se presenta consumo de cemento para el municipio de Mistrató según el volumen de cemento por (m²) establecido para cada Sistema De Construcción. **(Ver Anexo 9)**

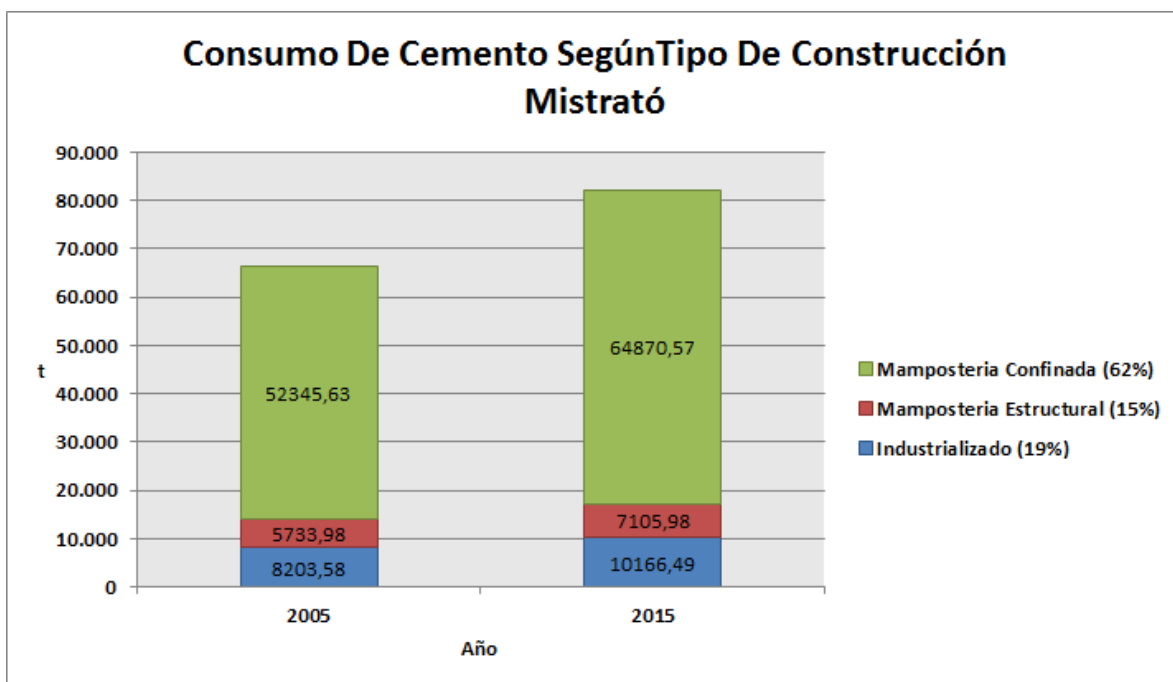
Gráfica 15 Consumo de Cemento en Mistrató (2005-2015)



Fuente: Elaboración Propia

La (**Gráfica 15**) muestra el consumo de cemento aproximado total que ha tenido el municipio de Mistrató que para el año 2005 fue de 66283,20 t y para el 2015 fue de 82143,03 t.

Gráfica 16 Consumo de Cemento según tipo de construcción (Mistrató)



Fuente: Elaboración Propia

La **(Gráfica 16)** muestra el consumo de cemento según el tipo de construcción (mampostería confinada, mampostería estructural, industrializada) que ha tenido el municipio de Mistrató para los años 2005 y 2015.

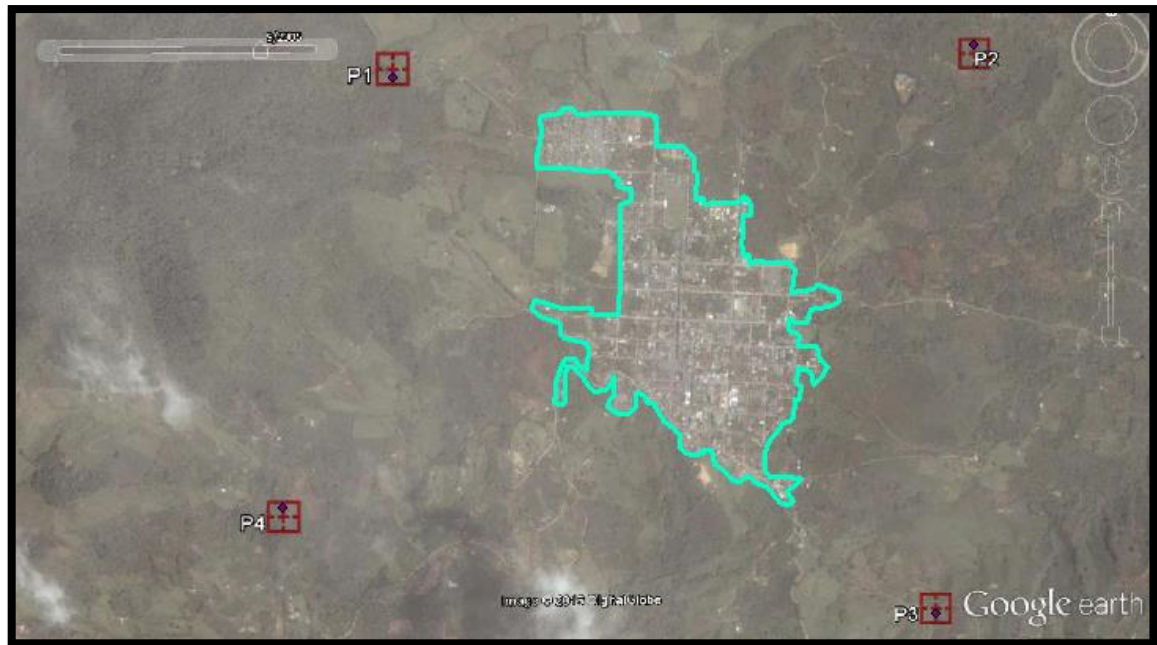
Quinchía Risaralda

Para el municipio de Quinchía las imágenes suministradas por Google Earth corresponden a los años 2005 y 2016, los resultados de la aplicación del método 1 se presentan mediante los polígonos correspondientes a ambos años y la superposición de los mismos.

Municipio de Quinchía 2005 con polígono

El error promedio estimado para el municipio de Quinchía 24,5 metros, y se calculó un área de 561317,60 (m²) (**Mapa 13**).

Mapa 13 Quinchía 2005 con polígono

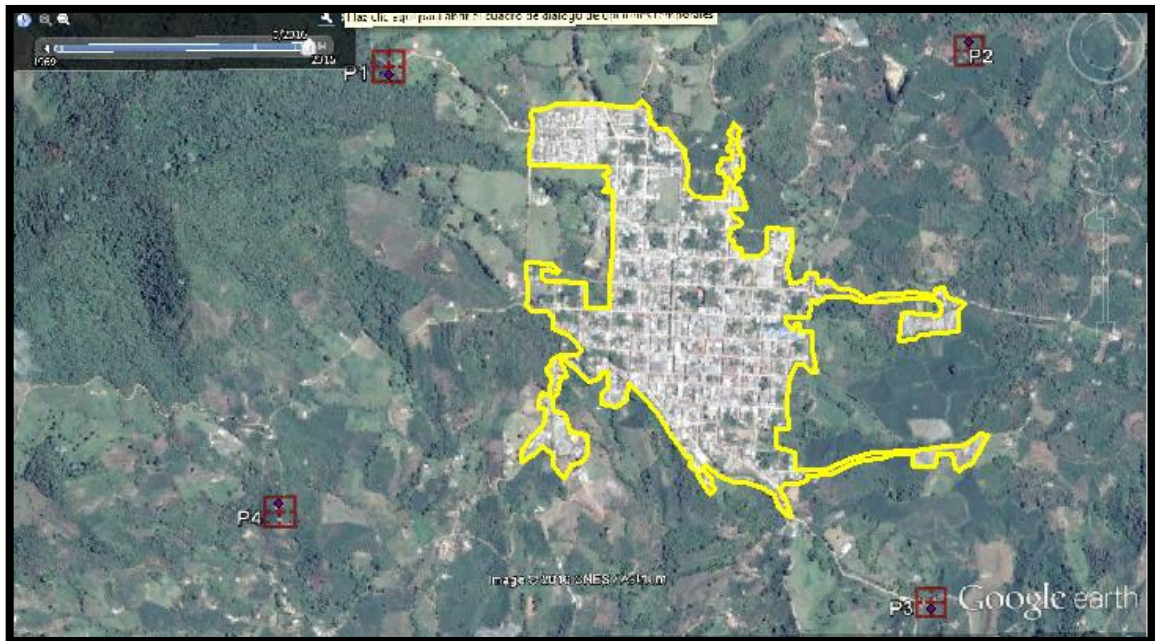


Fuente: Extraído de Google Earth

Municipio de Quinchía 2016 con polígono

El municipio de Quinchía para el año 2016 (**Mapa 14**) presenta un área aproximada de 704.931,07 (m²). Al realizarse la comparación entre los años 2005 y 2016 se infiere que el crecimiento del municipio fue del 20,37%, valor equivalente a 143.613,46 (m²).

Mapa 14 Quinchía 2016 con polígono

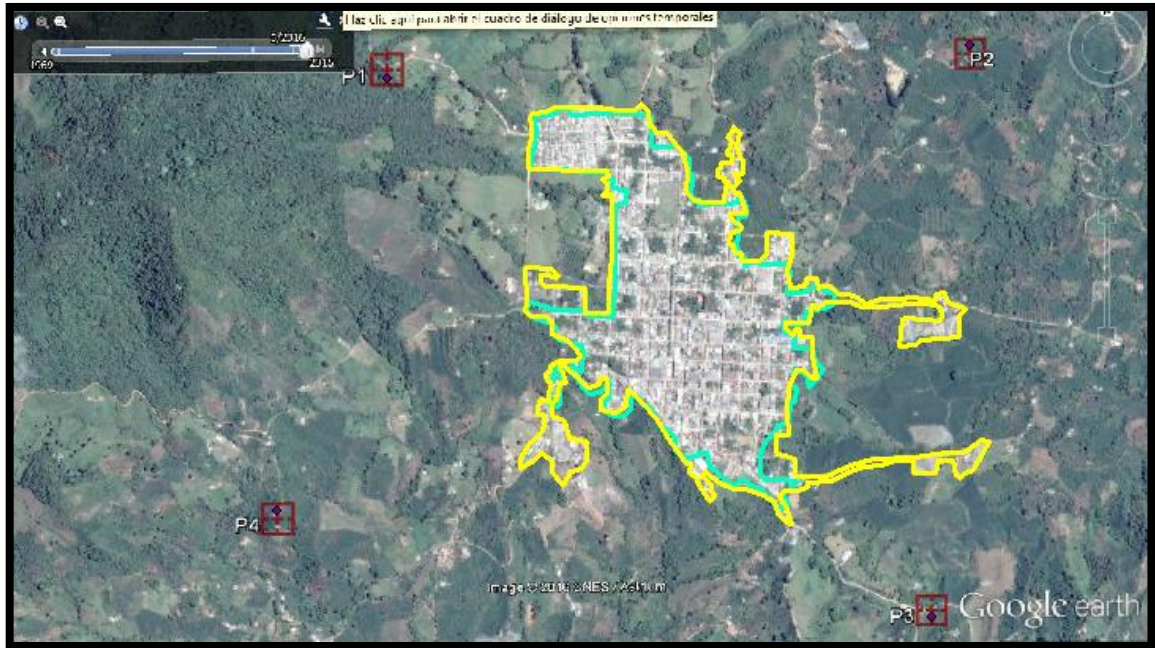


Fuente: Extraído de Google Earth

Quinchía superposición de polígonos

La superposición muestra el crecimiento aproximado que se vive en el municipio para los años 2005 y 2016.

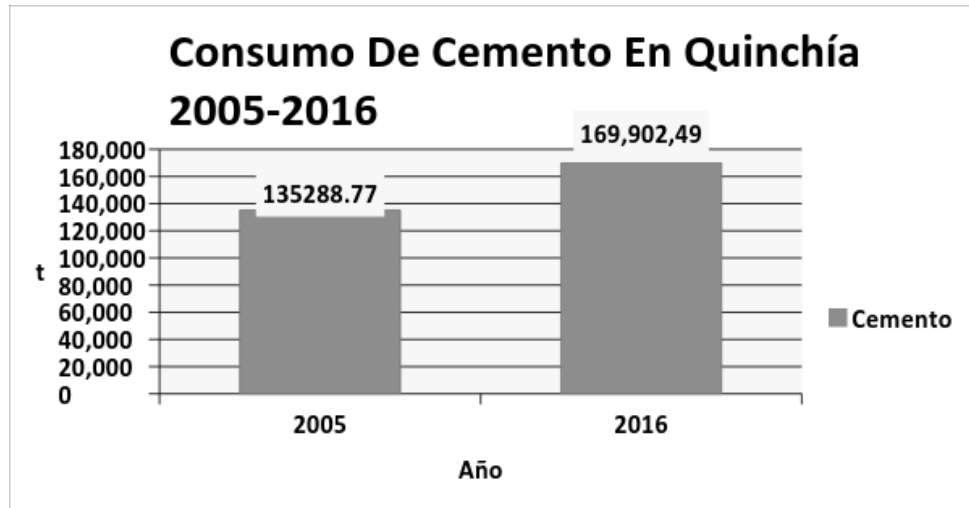
Mapa 15 superposición de polígonos



Fuente: Extraído de Google Earth

En las siguientes gráficas se presenta consumo de cemento para el municipio de Quinchía según el volumen de cemento por (m²) establecido para cada sistema de construcción. **(Ver Anexo 10)**

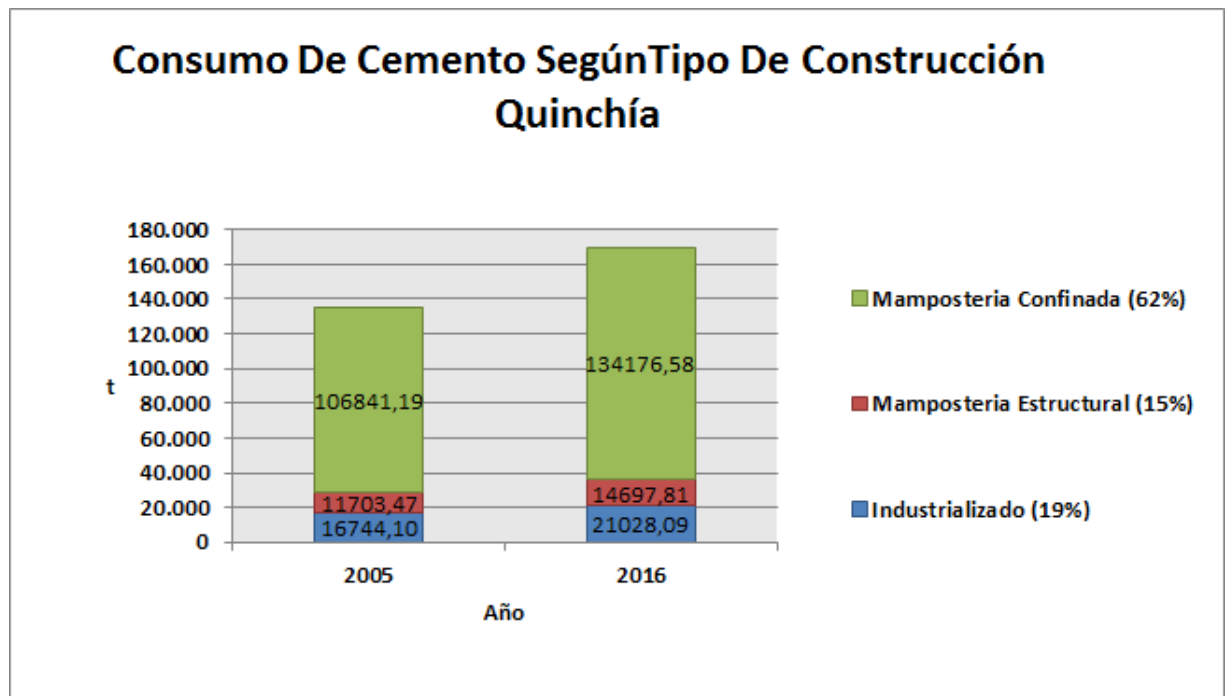
Gráfica 17 Consumo de Cemento en Quinchía (2005-2016)



Fuente: Elaboración propia

La **(Gráfica 17)** muestra el consumo de cemento aproximado total que ha tenido el municipio de Quinchía que para el año 2005 fue de 135288,77 t y para el 2016 fue de 169902,49 t.

Gráfica 18 Consumo de Cemento según tipo de construcción (Quinchía)



Fuente: Elaboración propia

La **(Gráfica 18)** muestra el consumo de cemento según el tipo de construcción (mampostería confinada, mampostería estructural, industrializada) que ha tenido el municipio de Quinchía para los años 2005 y 2016.

Santa Rosa de Cabal Risaralda

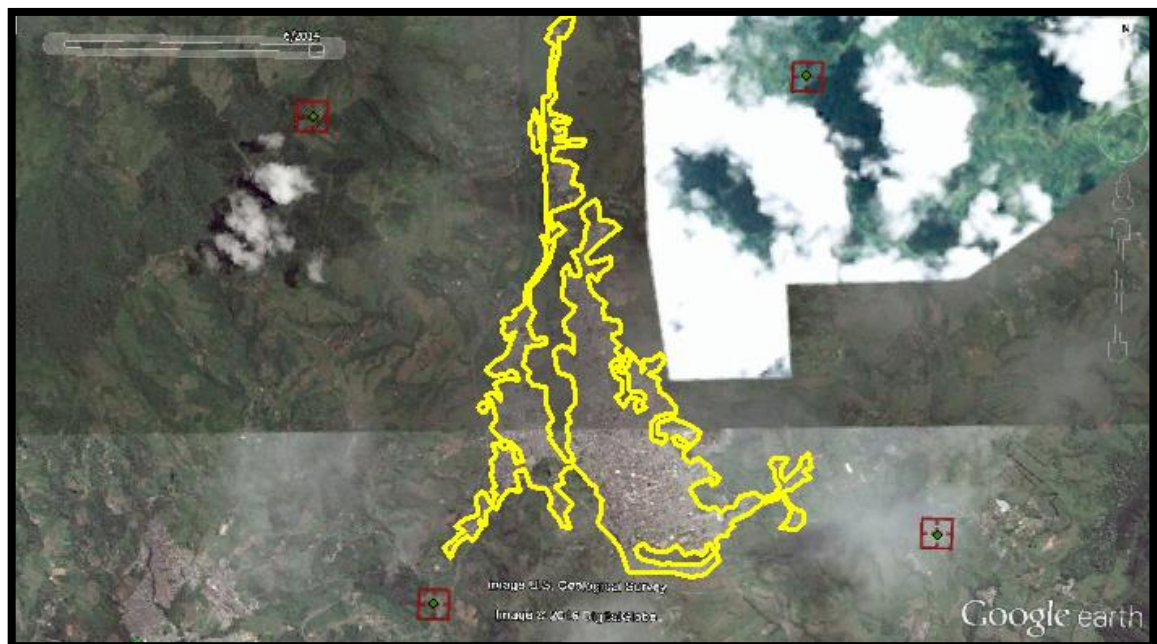
Para realizar el análisis del municipio de Santa Rosa de Cabal y los resultados arrojados al aplicar el método 1, es necesario aclarar que las imágenes suministradas por Google Earth corresponden a los años 2014 y 2015.

A continuación se presentan algunas imágenes referentes a la aplicación del método para cada uno de los años y la superposición de los mapas.

Municipio de Santa Rosa 2014 con polígono

El error promedio estimado para el municipio de Marsella 18,32 metros, y se calculó un área de 3617264,13 (m²) como muestra el **(Mapa 16)**.

Mapa 16 Santa Rosa 2014 con polígono

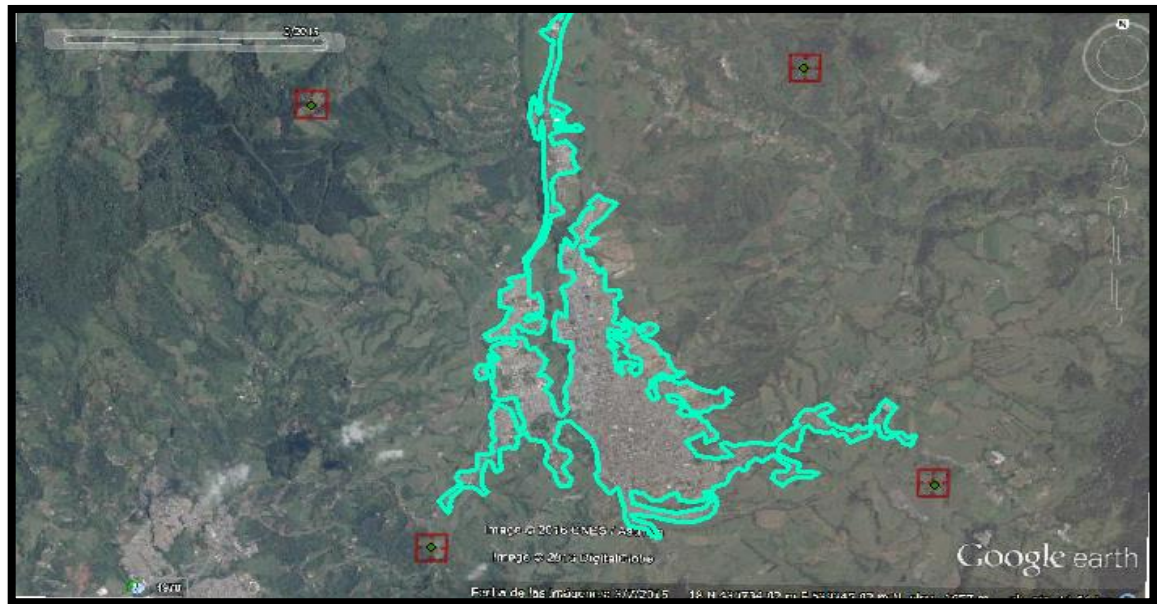


Fuente: Extraído de Google Earth

Municipio de Santa Rosa 2015 con polígono

El municipio de Santa Rosa de Cabal para el año 2015 presenta un área aproximada de 3920400,37. Se trabajó con imágenes de los años 2014 y 2015, y mediante los datos arrojados por los polígonos el municipio tuvo un crecimiento del 7,73%, valor equivalente en metros cuadrados a 303136,24 (m²) **(Mapa 17)**.

Mapa 17 Santa Rosa 2015 con polígono

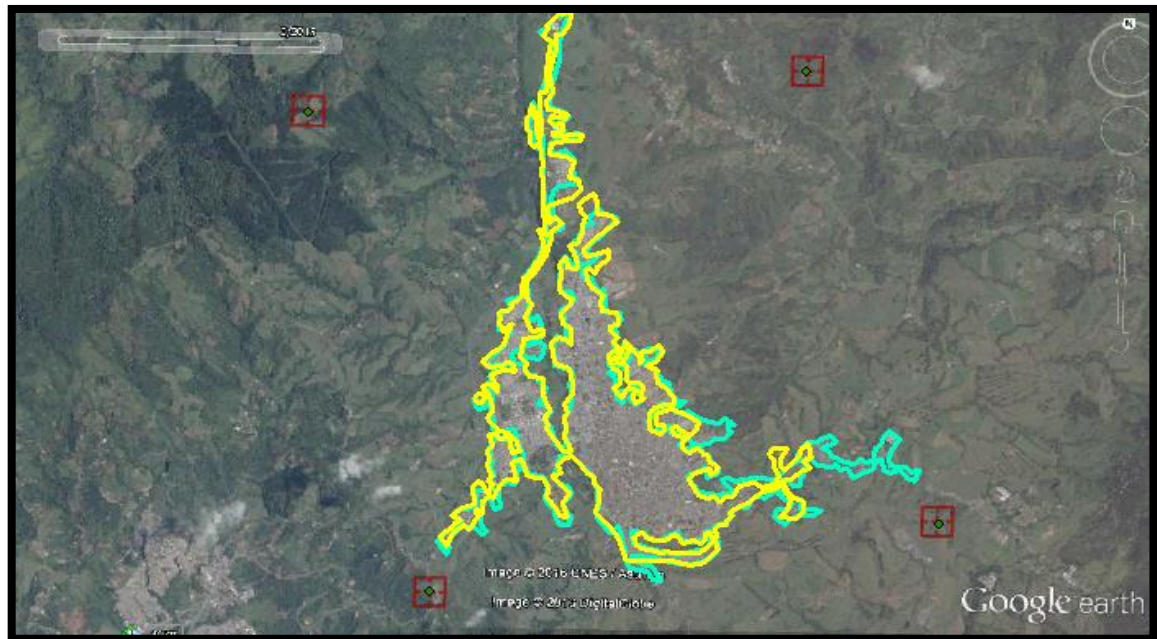


Fuente: Extraído de Google Earth

Santa Rosa superposición de polígonos

La superposición muestra el crecimiento aproximado que se vive en el municipio para los años 2014 y 2015.

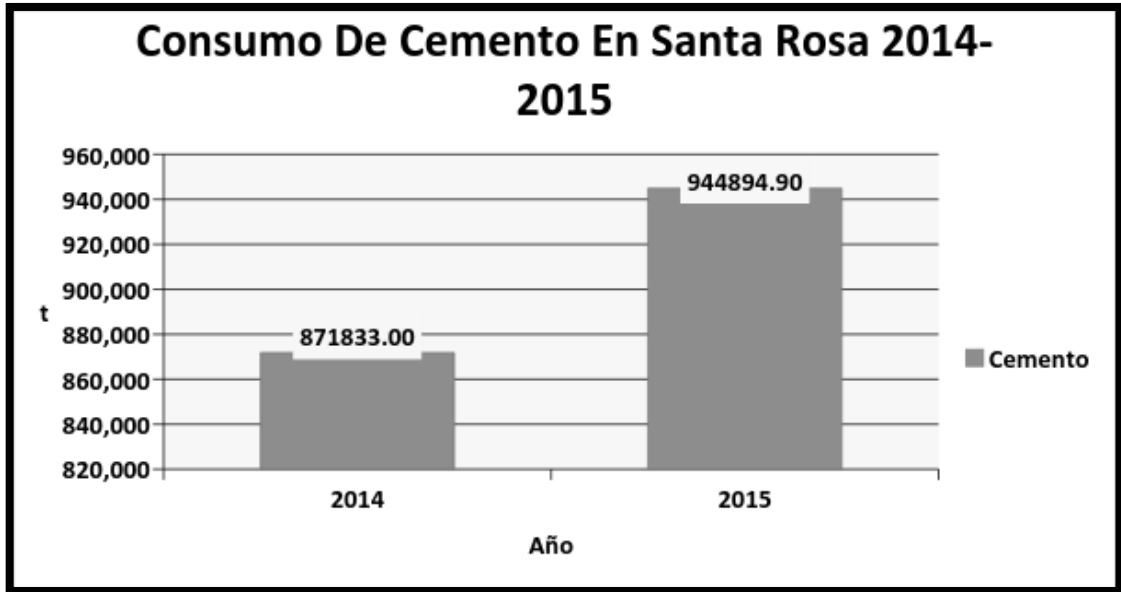
Mapa 18 superposición de polígonos



Fuente: Extraído de Google Earth

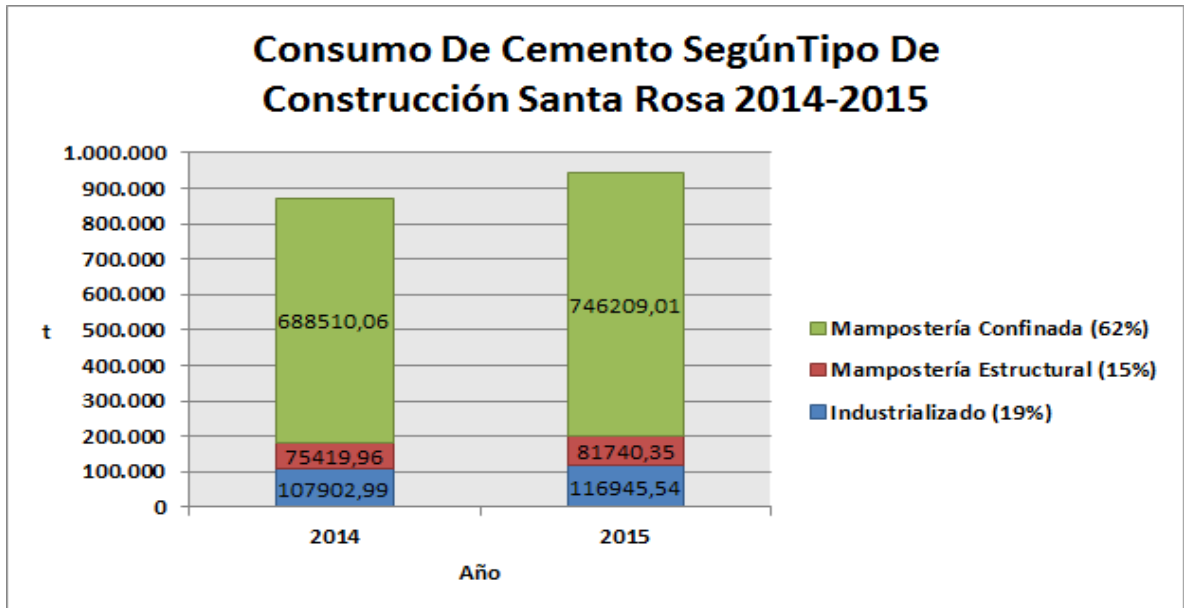
En las siguientes gráficas se presenta consumo de cemento para el municipio de Santa Rosa de Cabal según el volumen de cemento por (m²) establecido para cada sistema de construcción. **(Ver Anexo 11)**

Gráfica 19 Consumo de Cemento en Santa Rosa de Cabal (2014-2015)



La (**Gráfica 19**) muestra el consumo de cemento aproximado total que ha tenido el municipio de Santa Rosa de Cabal que para el año 2014 fue de 871833 t y para el 2015 fue de 944894,90 t.

Gráfica 20 Consumo de Cemento según tipo de construcción (Santa Rosa de Cabal)



Fuente: Elaboración propia

La **(Gráfica 20)** muestra el consumo de cemento según el tipo de construcción (mampostería confinada, mampostería estructural, industrializada) que ha tenido el municipio de Santa Rosa para los años 2014 y 2015.

MÉTODO 2: DELIMITACION DE AREAS CON IMÁGENES SATELITALES Y HERRAMIENTAS GRATUITAS

Balboa Risaralda

El análisis para el municipio de Balboa Risaralda se llevó a cabo mediante el método 2, el cual no presenta el error especificado en el método, las imágenes directamente se intervinieron desde Google Earth pro.

Municipio de Balboa 2013 con polígono

Para analizar el área del municipio de Balboa, fue necesario construir tres polígonos por su tamaño y representación en el crecimiento espacial del municipio, para el año 2013 el área estimada fue de 111.916 m² como se muestra en el **(Mapa 19)**.

Mapa 19 Balboa 2013 con polígono



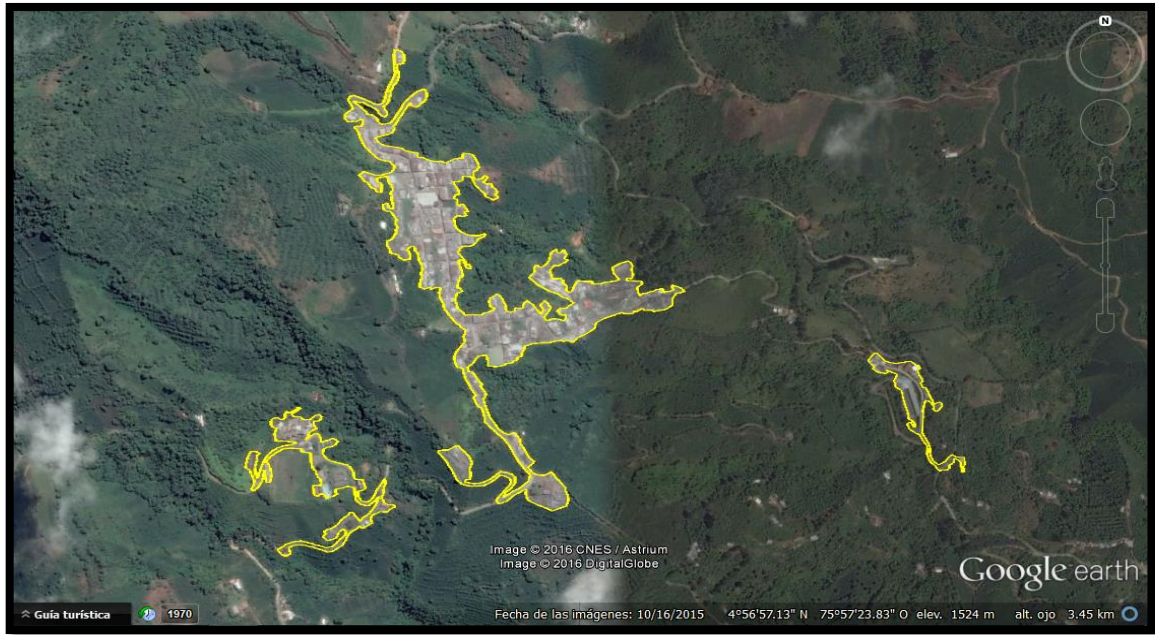
Fuente: Extraído de Google Earth pro

Municipio de Balboa 2015 con polígono

Del mismo modo para el año 2015 se realizó el análisis para el municipio de Balboa dando como resultado un área de 121.560 m².

En contraste entre ambos años se estima un crecimiento para el municipio de Balboa de 7,93%, valor equivalente a 9.644 m² (**Mapa 20**).

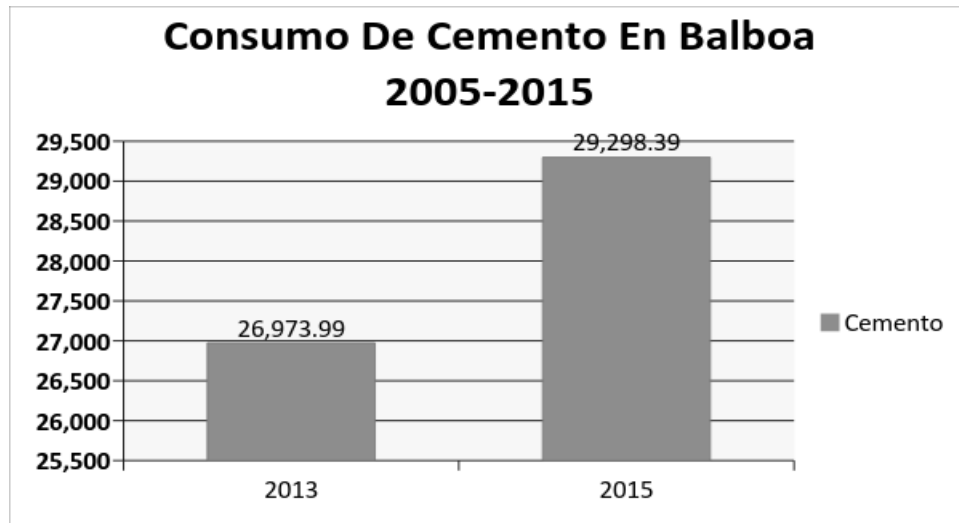
Mapa 20 Balboa 2015 con polígono



Fuente: Extraído de Google Earth pro

En las siguientes gráficas se presenta consumo de cemento para el municipio de Balboa según el volumen de cemento por (m²) establecido para cada Sistema De Construcción. **(Ver Anexo 12)**

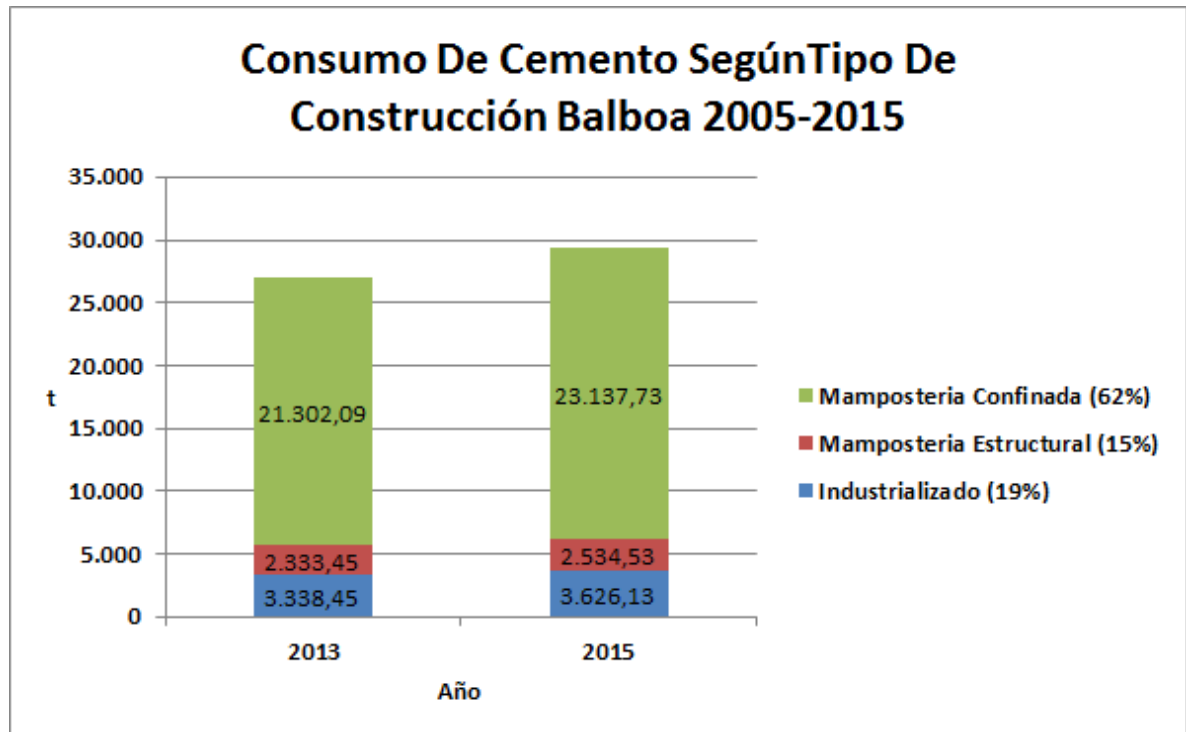
Gráfica 21 Consumo de Cemento en Balboa (2013-2015)



Fuente: Elaboración propia

La **(Gráfica 21)** muestra el consumo de cemento aproximado total que ha tenido el municipio Balboa que para el año 2013 fue de 26973,99 t y para el 2015 fue de 29298,39 t.

Gráfica 22 Consumo de Cemento según tipo de construcción (Balboa)



Fuente: Elaboración propia

La **(Gráfica 22)** muestra el consumo de cemento según el tipo de construcción (mampostería confinada, mampostería estructural, industrializada) que ha tenido el municipio de Balboa para los años 2013 y 2015.

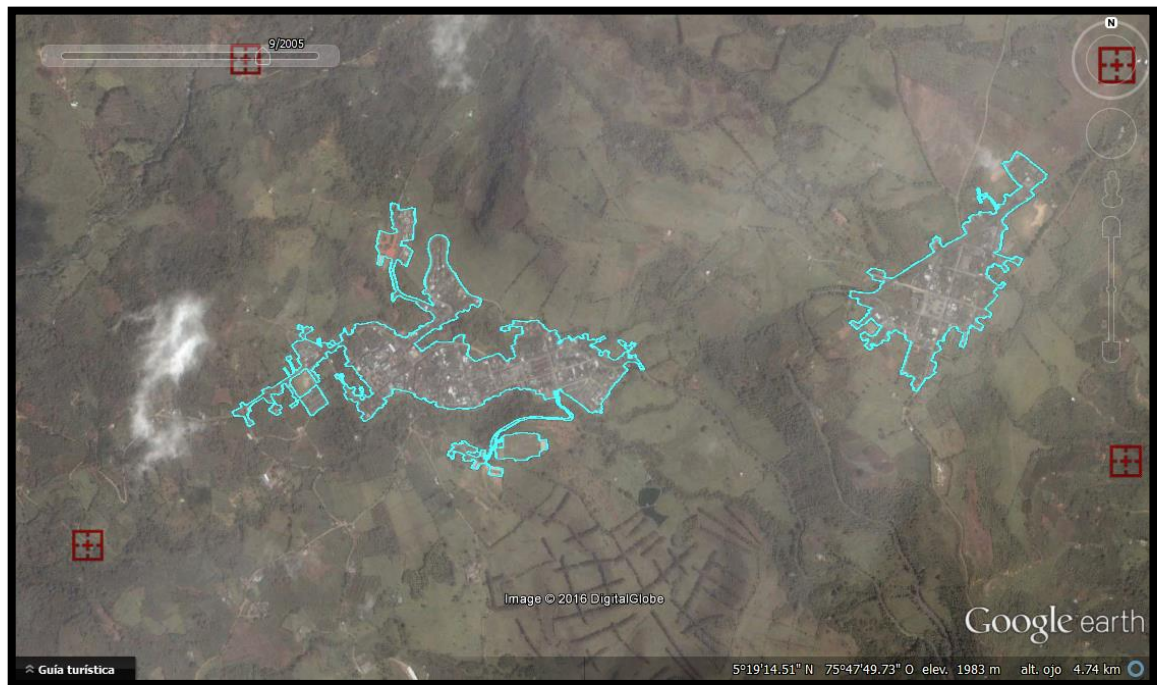
Guática Risaralda

Para el municipio de Guática Risaralda el estudio se llevó a cabo bajo el método 2, el cual no presenta el error especificado en el método, las imágenes directamente se intervinieron desde Google Earth.

Municipio de Guática 2005 con polígono

Para analizar el área del municipio de Guática Risaralda, fue necesario construir dos polígonos por su tamaño y representación en el crecimiento espacial del municipio, para el año 2005 el área estimada fue de 306.925 (m²) ver **(Mapa 21)**.

Mapa 21 Guática 2005 con polígono



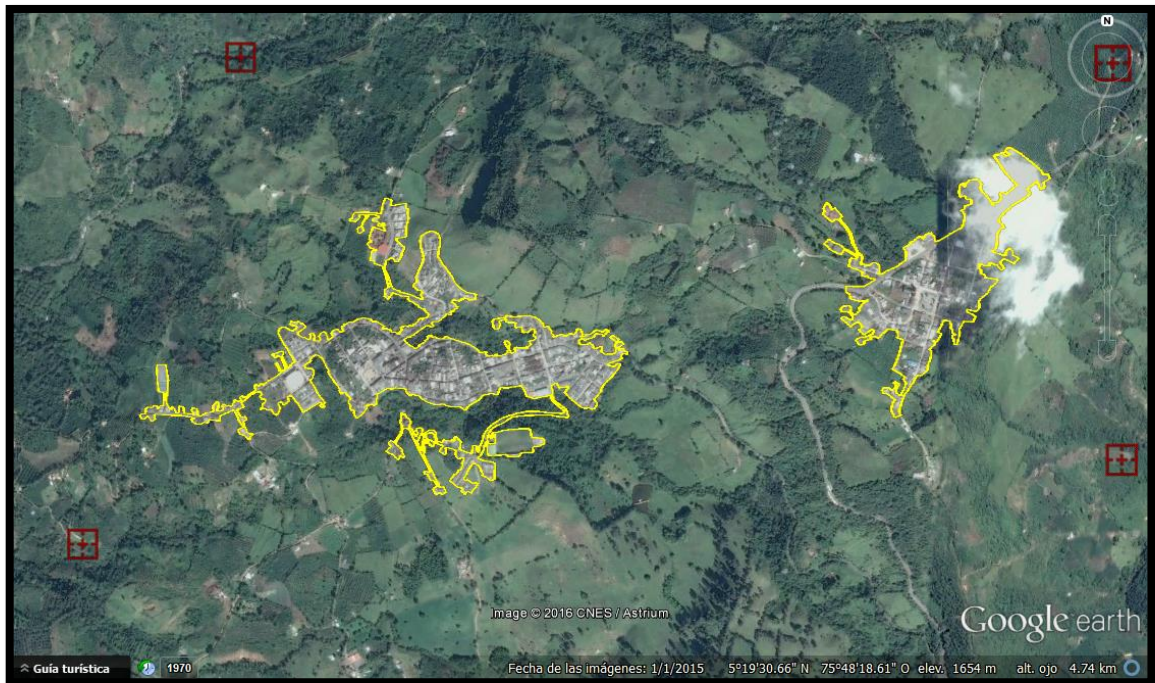
Fuente: Extraído de Google Earth pro

Municipio de Guática 2015 con polígono

Del mismo modo para el año 2015 se realizó el análisis para el municipio de Guática Risaralda dando como resultado un área de 368.738 (m²) **(Mapa 22)**.

En contraste entre ambos años se estima un crecimiento para el municipio de Guática de 16,7%, valor equivalente a 61.813 (m²).

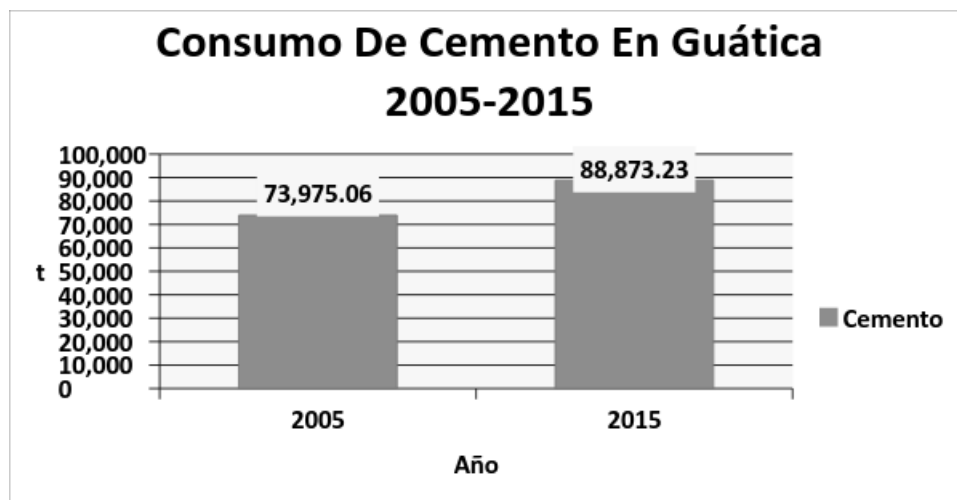
Mapa 22 Guática 2015 con polígono



Fuente: Extraído de Google Earth pro

En las siguientes gráficas se presenta consumo de cemento para el municipio de Guática según el volumen de cemento por (m²) establecido para cada Sistema De Construcción. **(Ver Anexo 13).**

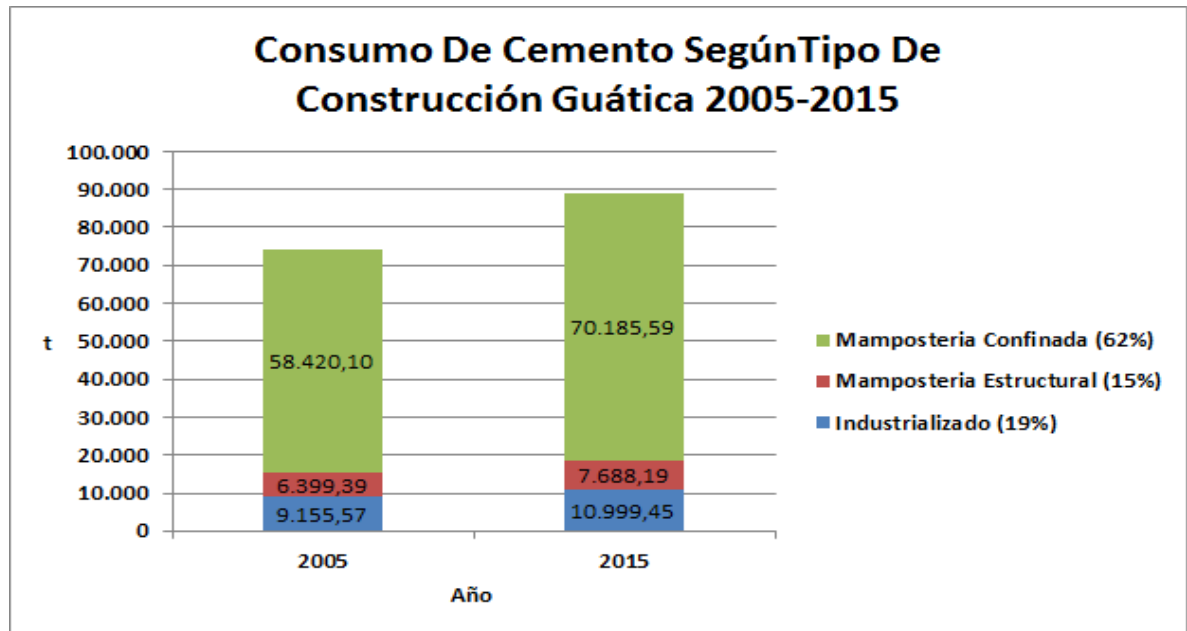
Gráfica 23 Consumo de Cemento en Guática (2005-2015)



Fuente: Elaboración propia

La **(Gráfica 23)** muestra el consumo de cemento aproximado total que ha tenido el municipio de Guática que para el año 2005 fue de 73975,06 t y para el 2015 fue de 88873,23 t.

Gráfica 24 Consumo de Cemento según tipo de construcción (Guática)



Fuente: Elaboración propia

La **(Gráfica 24)** muestra el consumo de cemento según el tipo de construcción (mampostería confinada, mampostería estructural, industrializada) que ha tenido el municipio de Guática para los años 2005 y 2015.

Santuario Risaralda

Para el municipio de Santuario Risaralda el estudio se llevó a cabo bajo el método 2, el cual no presenta el error especificado en el método, las imágenes directamente se intervinieron desde Google Earth.

Municipio de Santuario 2014 con polígono

Para analizar el área del municipio de Santuario Risaralda, se construyó un polígono con el cual se pretende representar el crecimiento espacial del municipio (**Mapa 23**), para el año 2014 el área estimada fue de 306.925 (m²).

Mapa 23 Santuario 2014 con polígono



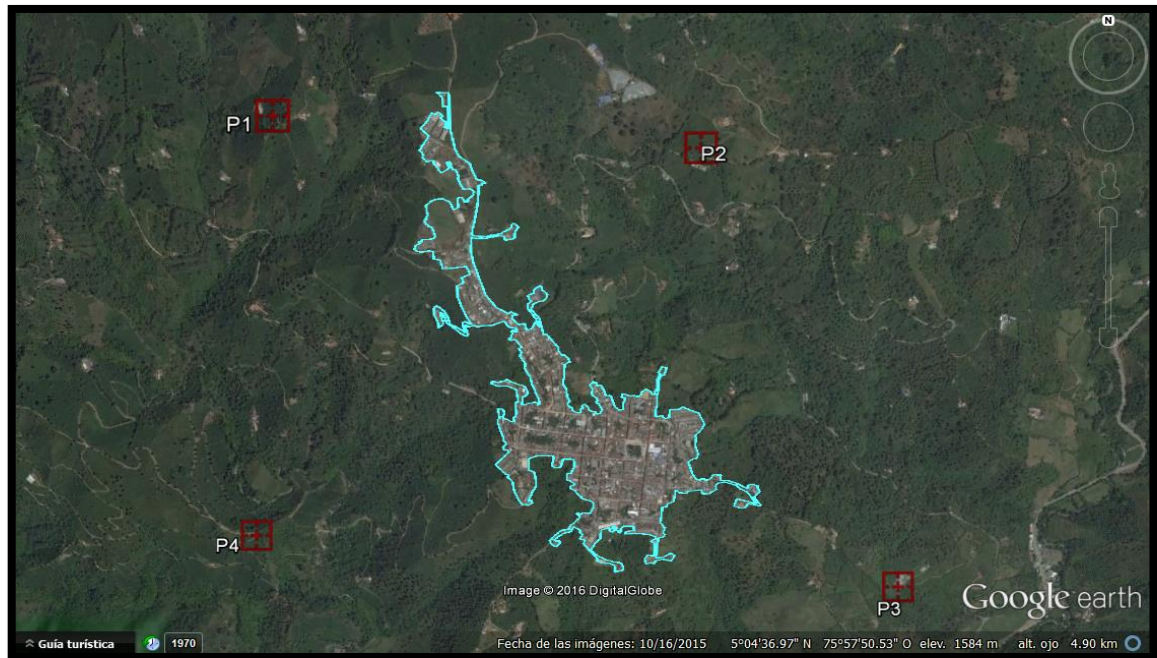
Fuente: Extraído de Google Earth pro

Municipio de Santuario 2015 con polígono

Del mismo modo para el año 2015 se realizó el análisis para el municipio de Santuario Risaralda dando como resultado un área de 368.738 (m²) (**Mapa 24**).

En contraste entre ambos años se estima un crecimiento para el municipio de Santuario de 16,7%, valor equivalente a 61.813 (m²).

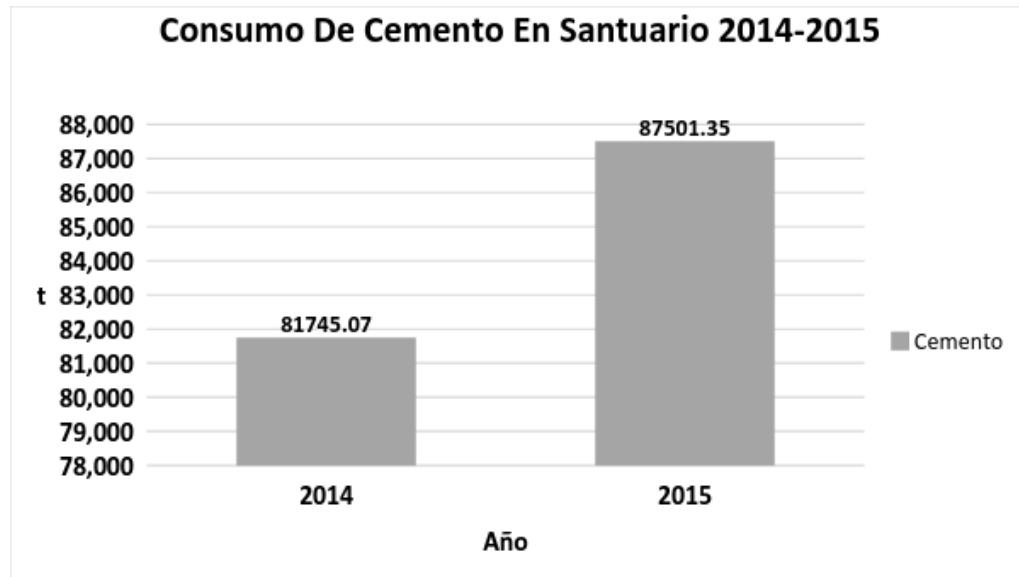
Mapa 24 Santuario 2015 con polígono



Fuente: Extraído de Google Earth pro

En las siguientes gráficas se presenta consumo de cemento para el municipio de Santuario según el volumen de cemento por (m²) establecido para cada Sistema De Construcción. **(Ver Anexo 14)**

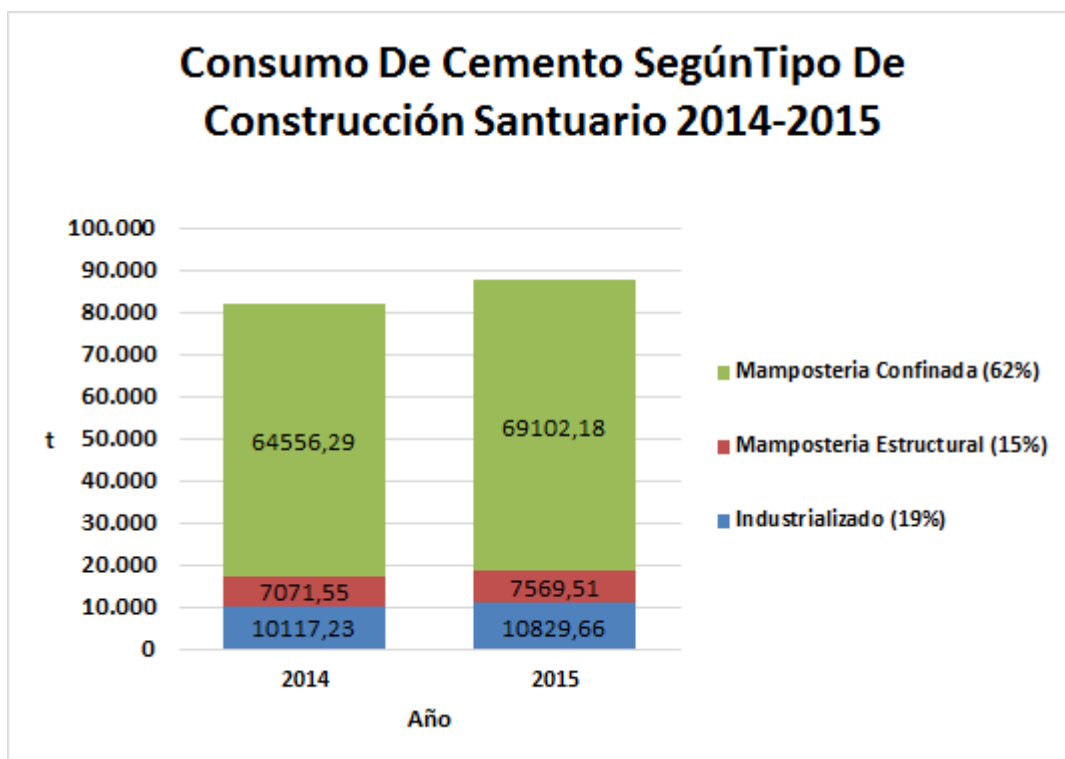
Gráfica 25 Consumo de Cemento en Santuario (2014-2015)



Fuente: *Elaboración propia*

La (**Gráfica 25**) muestra el consumo de cemento aproximado total que ha tenido el municipio de Santuario que para el año 2014 fue de 81745,07 t y para el 2015 fue de 87501,35 t.

Gráfica 26 Consumo de Cemento según tipo de construcción (Santuario)



Fuente: Elaboración propia

La (**Gráfica 26**) muestra el consumo de cemento según el tipo de construcción (mampostería confinada, mampostería estructural, industrializada) que ha tenido el municipio de Santuario para los años 2014 y 2015.

COMPARACIÓN ENTRE MÉTODOS

Para elegir el método más eficiente a la hora de calcular las áreas de los municipios entre años, se tomó un municipio (La Virginia) para el análisis, y se le aplicó cada uno de los métodos.

A continuación se presentan los mapas resultados de la aplicación del método 1 (Método para la proyección geo estadística de la expansión urbana en pequeños municipios).

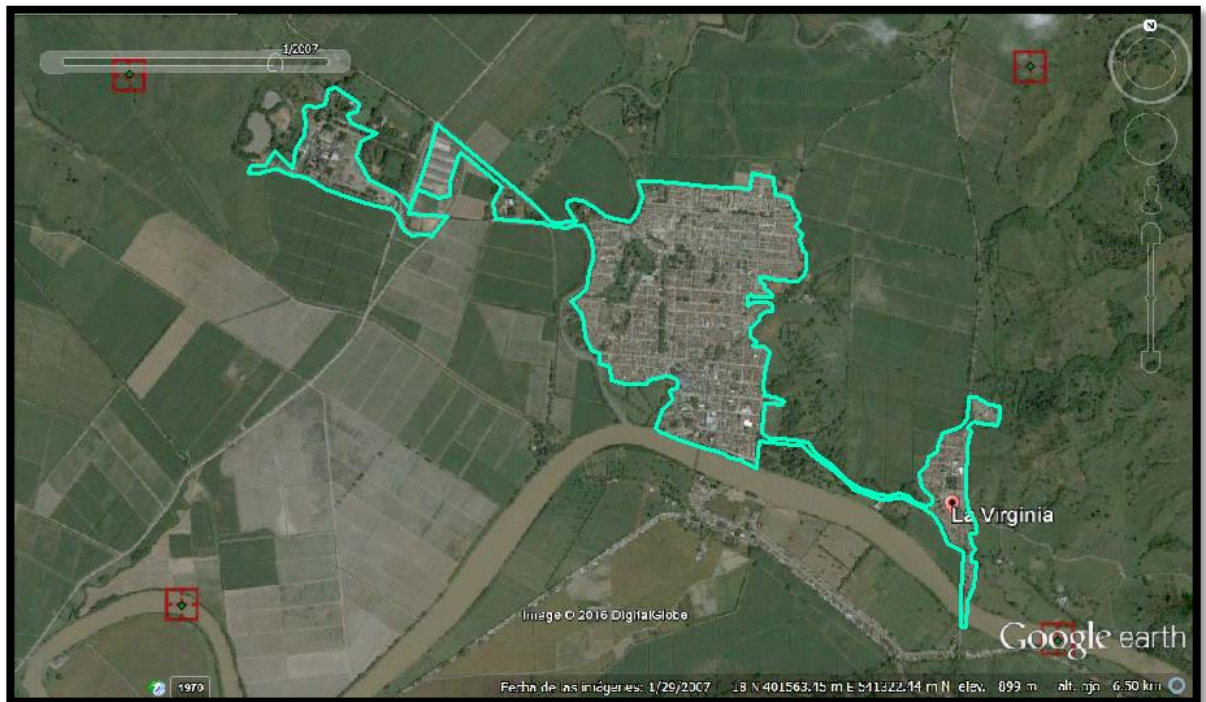
Nota: la selección del municipio se realizó de manera aleatoria.

Municipio de la Virginia

Municipio de La Virginia 2007 con polígono

El método arroja que para el año 2007 el municipio tiene un área aproximada de 1.815.596.25 (m²) ver **(Mapa 25)**.

Mapa 25 La Virginia 2007 con polígono



Fuente: Extraído de Google Earth pro

Municipio de La Virginia 2016 con polígono

Para el año 2016 el municipio tiene un área aproximada de 2.009948.24 (m²) (**Mapa 26**), lo que indica un crecimiento promedio para el municipio del 9,6% con respecto al año 2007 que en metros cuadrados equivalen a 194.351.99 (m²).

Mapa 26 La Virginia 2016 con polígono



Fuente: Extraído de Google Earth pro

La Virginia Superposición de Mapas

La superposición de los mapas se lleva a cabo para tener una perspectiva más clara de cómo el área municipio en el transcurrir de los años ha ido creciendo como muestra el (**Mapa 27**).

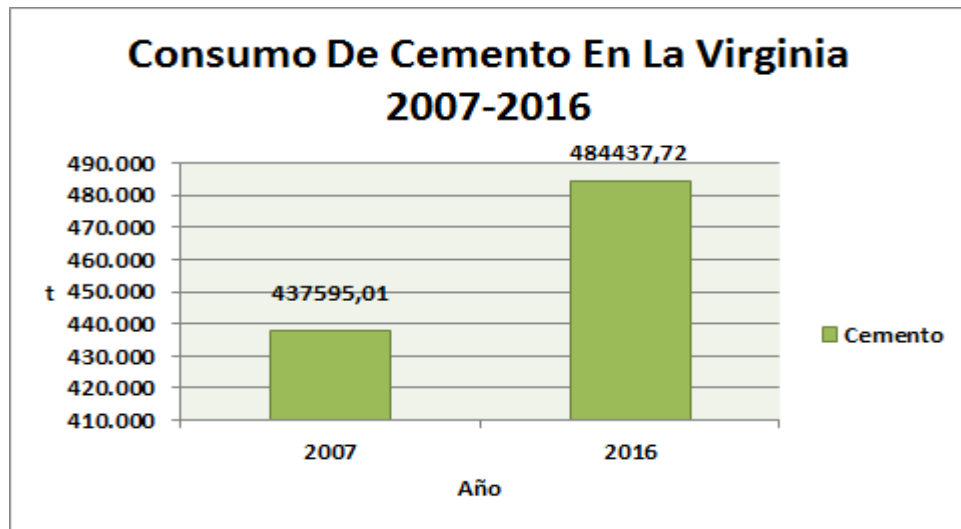
Mapa 27 Superposición de Mapas



Fuente: Extraído de Google Earth pro

En las siguientes gráficas se presenta consumo de cemento para el municipio de La Virginia según el volumen de cemento por (m²) establecido para cada Sistema De Construcción. **(Ver Anexo 15)**

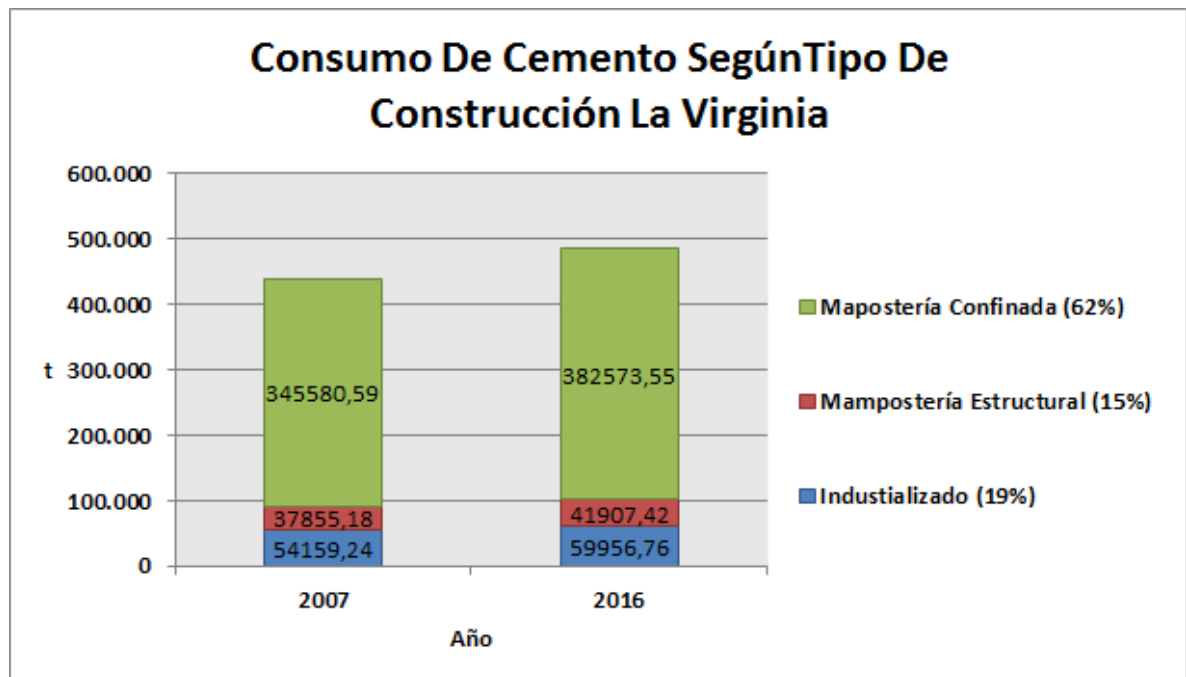
Gráfica 27 Consumo de Cemento en La Virginia (2007-2016)



Fuente: Elaboración propia

La **(Gráfica 27)** muestra el consumo de cemento aproximado total que ha tenido el municipio de La Virginia que para el año 2007 fue de 437595,01 t y para el 2016 fue de 484437,72 t.

Gráfica 28 Consumo de Cemento según tipo de construcción (La Virginia)



Fuente: Elaboración propia

La **(Gráfica 28)** muestra el consumo de cemento según el tipo de construcción (mampostería confinada, mampostería estructural, industrializada) que ha tenido el municipio de La Virginia para los años 2007 y 2016.

A continuación se presentan los mapas resultados de la aplicación del método 2 (Método para la delimitación de áreas con imágenes satelitales y herramientas gratuitas).

Municipio de La Virginia 2007 con polígono (método 2)

Para analizar el área del municipio de La Virginia por el método 2, se construyó un polígono con el cual se pretende representar el crecimiento espacial del municipio (**Mapa 28**), para el año 2007 el área estimada fue de 1.652.672 (m²).

Mapa 28 La Virginia 2007 con polígono (método 2)



Fuente: *Extraído de Google Earth pro*

Municipio de La Virginia 2016 con polígono (método 2)

Del mismo modo para el año 2016 se realizó el análisis para el municipio de La Virginia Risaralda dando como resultado un área de 1.833.252 (m²) (**Mapa 29**).

En contraste entre ambos años se estima un crecimiento para el municipio de La Virginia del 9,8%, valor equivalente a 180.580 (m²).

Mapa 29 La Virginia 2016 con polígono (método 2)



Fuente: Extraído de Google Earth pro

CONCLUSIONES

- El análisis cuantitativo de procesos metabólicos en los sistemas urbanos, especialmente de su escala, composición y distribución espacial de sus stocks pueden ayudar a los planificadores territoriales a evaluar la apropiación de los recursos naturales y los impactos que se generen a los sistemas naturales, estructurando así, modelos de metabolismo urbano que permitan observar las dinámicas en los sistemas urbanos.
- La producción de cemento en Risaralda, es un buen ejemplo de la evolución económica del departamento. Desde el año 1996 hasta la actualidad, los datos registrados y que se analizaron han demostrado una evolución constante, con una disminución en el año 1999, las buenas cifras registradas en el DANE coinciden con el crecimiento de los municipios en el departamento, demostrando que la locomotora de vivienda que se puso en marcha en los últimos gobiernos, ha permitido que el sector constructivo sea más intenso y dinámico, por ende la demanda año tras año es mayor.
- El uso de técnicas y aplicación de herramientas de visualización satelital para la estimación del flujo de materiales (cemento) a escala departamental es interesante ya que se proponen nuevas formas de estimar datos que no sean posible obtener e indagar en bases de datos oficiales de información demográfica, y que permitan para inferir en el comportamiento de un departamento como en este caso se realizó para Risaralda.

- Las licencias de construcción también demuestran registros importantes para los municipios de Pereira y Dosquebradas, siendo estos los de mayor área construida y que requieren de nuevas edificaciones para satisfacer la demanda de su población que aumenta paulatinamente. en los últimos 5 años Pereira ha fluctuado entre los 200.000 y 360.000 m² licenciados para la construcción, luego de tener su pico más alto en el 2007 con una cifra de 590.480 m² , diferente a Dosquebradas que a partir del año 2010 con 74.550 m² licenciados presentó un comportamiento exponencial alcanzando en el año 2014 192.340 m² , suceso que conlleva a un mayor consumo de materiales como el cemento, lo cual demuestra una gran dinámica en el sector constructivo y del mismo modo mayores implicaciones en el componente ambiental y sus sistemas naturales de estos municipios.
- Los municipios de La Celia y Pueblo Rico, no contaban con la información cuantitativa mínima para la realización de su análisis; y las imágenes satelitales presentadas por el servidor de Google Earth por razones del clima no eran lo suficientemente claras para ser sometidas a los métodos propuestos durante la investigación.
- A partir de los resultados arrojados por ambos métodos se puede inferir que el método 2 es más eficiente que el método 1 por razones como: La calidad de las imágenes permiten mayor precisión, la aplicación del método es mucho más sencilla y práctica.
- Los errores presentados por el método 1 obedecen a la baja resolución que se tiene en las imágenes al descargarlas para usarlas en ArcGis.

- De los municipios estudiados mediante el método 1 se infiere que el municipio con mayor proporción de consumo de cemento en la subregión 1 es el de Santa Rosa de Cabal el cual para el año 2014 tuvo un consumo aproximado de 871.873 toneladas y para el año 2015 tuvo un consumo aproximado de 944.894,90 toneladas de cemento, el de menor consumo fue Marsella con 153.887,17 t en el año 2014, para el año 2015 una cantidad de 171.069,03 t.
- En la subregión 2 del departamento el municipio con mayor consumo fue La Virginia con un consumo de 553.427,23 t en el año 2007 y en el 2016 una cantidad de 596.517,03 t, el de menor consumo fue Apía con 91,579,04 t en el año 2014 y para el 2015 registró un consumo de 97.470,13 t.
- La subregión 3 solo se estimó el municipio de Mistrató por las dificultades relacionadas con las imágenes satelitales el cual contó para el año 2005 con un consumo aproximado de 66283,20 t y para el 2015 de 82143,03 t.
- De los tres municipios estudiados mediante el método 2 se infiere que el municipio con mayor proporción de consumo de cemento es el de Santuario el cual para el año 2014 tuvo un consumo aproximado de 81.745,07 toneladas y para el año 2015 tuvo un consumo aproximado de 81.501,35 toneladas de cemento.
- De los tres tipos de sistemas de construcción el que mayor consumo de cemento tiene es el de mampostería confinada con 307 kg/m² , por ser el sistema más utilizado en Colombia con una proporción de 62% es el sistema que mayor consumo de cemento se presentó en el departamento con una cantidad de 1.983.529,02 t en el último año.

- La estrecha relación que existe entre los procesos urbanísticos y el ambiente ha llevado a los ecosistemas existentes en los centros urbanos al límite, con una degradación ambiental que día a día es más aguda causada por las actividades desarrollistas que se presentan en las ciudades, principalmente constituidas por dos tipos de operaciones urbanísticas que se presentan en las ciudades y municipios en Colombia, la creación de nuevas ciudades o áreas construidas y la reforma interior de la estructura urbana existente. La ausencia de información de interés ambiental como lo es las entradas y el consumo de materiales de construcción (cemento) en cada municipio en Risaralda, nos invita a reflexionar acerca de los impactos ambientales que son ocasionados por actividades que se llevan a cabo constantemente en las ciudades, y que se llevan a un segundo plano debido a que no hay un conocimiento a fondo de los efectos nocivos a los sistemas naturales en el ciclo de vida de estos materiales, desde que se produce hasta que es desechado. Por lo anterior es de gran importancia hacer uso del metabolismo urbano en la planificación territorial en el Departamento de Risaralda para conocer los flujos de los materiales como en este caso de cemento y demás componentes que permitan conformar un sistema de información Ambiental Urbano y sostenible, con información actualizada que para la gestión ambiental sea insumo para alcanzar la sostenibilidad de los municipios Risaraldenses.

RECOMENDACIONES

- Se espera que las entidades estatales encargadas de manejar los datos mantengan actualizada y de carácter público en sus páginas web la mayor cantidad de información posible.
- Se recomienda que se presenten nuevas investigaciones en el tema de materiales ya que esta cuenta con poca información que permitan realizar una evaluación más compleja de este flujo en nuestra región y conlleve a mejorar el desempeño ambiental.
- Se recomienda dar uso a los métodos propuestos en esta investigación y continuidad para mejorar y obtener información de interés ambiental que conlleven a la toma de decisiones en la planificación territorial.
- Incorporar los resultados e información obtenida en esta investigación a las bases de datos del Observatorio Ambiental Urbano Regional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfonso, W. & Pardo, C. (2013). Ecological Indicators. Urban material flow analysis: An approach for Bogotá, Colombia. 32-42 pp.
- Aguirre, M. (2012). La construcción sostenible en Colombia, presente y futuro. Informe económico Camara Colombiana de la Construcción (CAMACOL) No 40.
- Díaz, C. (2011). Metabolismo de la ciudad de Bogotá DC.: una herramienta para el análisis de la sostenibilidad ambiental urbana. Tesis de maestría en Medio Ambiente y Desarrollo, Universidad Nacional de Colombia.
- DANE. (2016). Estadísticas de cemento gris. Boletín técnico, Bogotá, disponible en http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/cemento_gris/Bol_cemento_gris_abr16.pdf
- Eisenmenger, N. et al (2007). Análisis del metabolismo energético y de materiales de Brasil, Chile y Venezuela. Revista Iberoamericana de Economía Ecológica Vol. 6: pp17-39.
- García, M. (2013). Metabolismo urbano aporte a la gestión ambiental metropolitana, estudio de caso: área metropolitana centro occidente de Colombia. Tesis de Maestría en Gestión Ambiental Metropolitana, Universidad de Buenos Aires.

- Hyman, K. (2013). Science of the Total Environment. Urban infrastructure and natural resource flows: Evidence from Cape Town. 839-845 pp.
- Kampeng, L et al. (2015). Journal of Cleaner Production. Mass, energy, and emergy analysis of the metabolism of Macao. 160-170 pp.
- Kennedy, C. et al (2010). The study of urban metabolism and its applications to urban planning and design. Revista Environmental Pollution. pp 1965-1973.
- PNUMA. (2013). Tendencias del flujo de materiales y productividad de recursos en América latina. Programa de las naciones unidas para el medio ambiente, Ciudad de Panamá, Disponible en http://www.pnuma.org/MFA_espanol%20low%20res.pdf
- Quintero, C. & Tabares, A. (2015). Metabolismo urbano en el flujo de materiales de construcción de vivienda de la ciudad de Pereira. Tesis de pregrado Administración Ambiental, Universidad Tecnológica de Pereira.
- Salcedo, P. et al. (2015). UN PAÍS CADA VEZ MÁS URBANO: Cambios demográficos y tendencias de la actividad edificadora. Informe económico Camara Colombiana de la Construcción (CAMACOL) No 69.

- Velasco, L. (2010). Formulación de una propuesta de gestión ambiental para la recuperación y reciclaje de materiales de construcción y demolición. Tesis de pregrado Administración Ambiental, Universidad Tecnológica de Pereira.
- Zhang, Y. & Yang, Z. (2007). *Acta Ecologica Sinica*, 27(8). Eco-efficiency of urban material metabolism: a case study in Shenzhen, China. 3124-3133 pp.
- Zhen, G et al. (2016). *Science of the Total Environment*. An integrated material metabolism model for stocks of urban road system in Beijing, China. 883-894 pp.
- Odum, H.T. 1996. *Environmental Accounting: Energy and Environmental Policy Making*. John Wiley and Sons, New York. p370
- Cardona, Julio. (2015). *Comportamiento de la actividad edificadora Pereira-Dosquebradas*. CAMACOL Risaralda. Pereira, Risaralda
- Acebedo, Luis. (2010). *Territorios del conocimiento en la eco-región eje cafetero. caleidoscopios a partir de tres espejos de representación: sociedad + espacio + conocimiento*. Tesis doctoral. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Arquitectura y Urbanismo, 276p. Disponible en: <http://www.almamater.edu.co/sitio/Archivos/Documentos/Documentos/00000261.pdf>

- Castillo, G. (2008). Ecoeficiencia Urbana y Sostenibilidad. de Grupo de investigación en Ecosistemas Antrópicos. Pontificia Universidad Javeriana. Disponible en: <http://javeriana.edu.co/arquidis/maeplan/publicaciones/documents/EcosistemaUrbano.pdf>
- Camargo, G. (2008). Ciudad Ecosistema Introducción a la Ecología urbana. Bogotá: Universidad Piloto de Colombia.
- Díaz, C. (2007). Metodología Interdisciplinaria desde el estudio de la problemática ambiental del tramo urbano de la cuenca del Rio Consota: Hacia el fortalecimiento de la Gestión Ambiental Local. Tesis de Maestría en Medio Ambiente y Desarrollo, Universidad Nacional de Colombia.
- Díaz, C. (2014). Metabolismo urbano: herramienta para la sustentabilidad de las ciudades. Interdisciplina. Vol.2 Num.2, 51-70. Universidad Central, Colombia.
- Empresas productoras de cemento gris. Cálculos ECG - DANE.2016
- García, M. , Morales, T. , & Guerrero, J. (2014). Análisis de flujos de agua en áreas metropolitanas desde la perspectiva del metabolismo urbano. Luna Azul, número 39, pp 234-249. Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=321732142014>> ISSN

- Guhl Nannetti, E. & Leyva, P. (2015). La gestión Ambiental en Colombia 1994-2014 ¿Un esfuerzo insostenible? Bogotá: Foro Nacional Ambiental.
- Gabaldón, J. (2006). Desarrollo Sustentable: La salida de América Latina; Caracas; Random House Mondadori.
<http://ance.msinfo.info/bases/biblo/texto/libros/GA.2011.a.pdf>
- Gómez de Segura, R. (2011). Del desarrollo sostenible según Brundtland a la sostenibilidad como biomimesis; Bilbao, España; Biblioteca del Campus de Álava. <http://www.upv.es/contenidos/CAMUNISO/info/U0686956.pdf>
- Hernández, L. (2010). El concepto del territorio y la investigación en las ciencias sociales. Agricultura, Sociedad y Desarrollo, Septiembre-Diciembre, 207-220.
- Kennedy, C et al (2011). Environmental Pollution. Review. The study of urban metabolism and its applications to urban planning and design. Department of Civil Engineering, University of Toronto, Toronto, Canada and Institute of the Environment, UCLA, CA, United States of America. 1965-1973 pp.
- Leff, E. (Coordinador). (2000). Los problemas del conocimiento y la perspectiva ambiental del desarrollo. México, D.F. Siglo veintiuno editores.

- Maya, A. (1995). La fragilidad Ambiental de la Cultura. Editorial Universidad Nacional: Instituto de Estudios Ambientales. IDEA.
- ONU-Hábitat. (2009). Urbanización para el desarrollo humano. Políticas para un mundo de ciudades. Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (ONU-Hábitat). Disponible en: http://www.onuhabitat.org/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=92&Itemid=235
- Pesci, R et al. (2007). Proyectar La Sustentabilidad: Enfoque y Metodología de FLACAM para Proyectos de Sustentabilidad; La Plata, Argentina; Editorial CEPA.
- Quintana, A. (2006). Desarrollo, Comunidad y Gestión Ambiental Teoría y Metodologías de Intervención. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira.
- Yory, C. (2004). Ciudad y Sustentabilidad I. Marco General y Descripción de la Problemática: Una Aproximación Crítica al Concepto de Desarrollo Urbano Sustentable Orientada a las Grandes Metrópolis de América Latina en el Contexto de la Globalización; Bogotá; Universidad Piloto de Colombia: Facultad de Arquitectura y Artes.
- Zhang, Y (2013). Environmental Pollution. Review. Urban metabolism: A review of research methodologies. State Key Laboratory of Environment Simulation and Pollution Control, School of Environmental, Beijing Normal University, Beijing, China. 463-473 pp.

- Urteaga L. (1985). La economía ecológica de Martínez Alier. Documentos de análisis Geográfica, 7, 1985, pp. 197. Disponible en: <http://www.raco.cat/index.php/DocumentsAnalisi/article/viewFile/41371/52204>.
- López, I. (2012). Tesis doctoral. Sostenibilidad "débil" y "fuerte" y democracia deliberativa -el caso de la agenda 21 local de Madrid-. Departamento de Ciencia Política y Sociología. Universidad Carlos III de Madrid. 40-42pp.
- Leal, G. (2008). Debate sobre la sostenibilidad. Extraído de ponencia "eco eficiencia urbana y sostenibilidad" presentada en el foro "construcción social del territorio". Pontificia Universidad Javeriana de Colombia.

ANEXOS

Anexo 1 Despacho total de cemento gris, Risaralda (1996-2015)

DESPACHO TOTAL DE CEMENTO GRIS RISARALDA 1996-2015 (toneladas)																				
MES	AÑO																			
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
ENERO	16,324	11,458	12,884	8,221	10,327	12,601	7,781	8,528	13,380	13,391	17,390	17,008	19,976	15,066	17,738	13,232	14,541	12,543	12,774	14,361
FEBRERO	16,110	12,180	12,949	8,793	12,140	12,162	8,670	9,979	11,574	13,490	18,221	16,788	18,927	15,510	15,508	13,886	14,814	12,668	14,450	16,291
MARZO	15,829	12,929	10,929	11,460	11,698	10,607	9,380	9,565	11,970	14,461	18,305	19,615	18,135	16,847	17,369	17,686	15,724	12,744	15,341	18,009
ABRIL	16,359	14,816	12,630	7,664	8,798	9,170	7,097	8,292	10,252	18,067	14,777	16,365	20,099	17,282	16,345	14,837	14,115	15,634	14,854	16,549
MAYO	14,264	14,836	11,686	9,399	9,588	10,958	8,087	8,787	9,814	15,697	16,594	18,708	19,842	15,140	16,629	19,245	14,148	14,829	15,558	17,491
JUNIO	13,428	12,267	17,048	9,199	9,931	8,745	7,398	9,231	12,970	17,545	17,345	19,663	17,768	15,340	16,945	15,110	14,599	14,772	14,751	18,684
JULIO	18,679	17,146	14,607	8,543	10,098	8,944	8,429	11,581	12,242	14,681	17,380	18,191	19,530	19,250	18,013	17,300	12,936	17,462	17,050	21,682
AGOSTO	15,770	17,056	8,039	9,550	9,529	9,024	9,580	12,324	11,236	16,742	21,431	18,148	18,496	18,337	17,396	15,789	14,411	17,216	17,952	20,955
SEPTIEMBRE	16,038	16,293	8,032	9,743	8,822	9,539	10,144	14,100	12,000	16,843	19,576	17,778	19,181	17,966	18,509	15,869	13,319	17,293	18,098	22,933
OCTUBRE	14,486	17,002	10,453	8,806	10,406	9,097	11,944	14,445	12,457	16,747	19,365	19,909	16,991	18,510	17,084	15,959	14,658	18,737	17,438	23,000
NOVIEMBRE	18,258	16,022	9,382	8,684	11,530	9,970	10,519	12,619	14,125	17,100	18,123	19,495	16,691	17,604	17,274	16,135	16,585	17,072	17,465	20,830
DICIEMBRE	17,510	16,976	8,504	9,310	12,575	7,837	11,997	13,454	10,750	18,521	17,517	19,921	20,954	16,291	18,006	19,123	13,630	15,322	17,596	
Total	193,055	178,981	137,113	109,372	125,442	118,654	111,026	132,905	140,770	193,285	216,024	221,581	226,590	203,143	206,810	193,351	173,480	186,262	193,327	210,848

Fuente: DANE

Anexo 2 Área (m²) licenciados para construcción en Risaralda (1998-2015)

ÁREA (m ²) LICENCIADA PARA CONSTRUCCION EN RISARALDA (1998-2015)																			
MES	AÑO																		
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
ENERO	23,505	16,649	13,356	16,981	4,684	43,824	155,574	40,573	27,236	66,85	13,346	31,949	13,379	116,432	39,188	97,637	39,946	31,58	10,529
FEBRERO	35,822	8,382	27,44	26,109	13,898	38,829	14,129	22,244	81,205	71,446	19,869	30,72	12,562	23,335	18,079	9,938	26,606	12,101	
MARZO	15,894	17,944	14,71	5,958	15,205	25,154	16,92	22,476	51,354	49,374	29,592	29,859	50,239	37,25	49,451	42,84	49,048	38,272	
ABRIL	10,477	18,287	7,561	15,848	41,343	40,663	17,424	72,866	22,566	60,365	50,223	16,812	23,658	43,888	37,283	66,186	90,438	77,558	
MAYO	33,801	8,589	16,228	35,741	14,763	84,967	30,688	28,933	65,555	95,388	62,424	14,863	24,938	15,204	72,608	107,768	75,048	54,931	
JUNIO	11,905	6,227	11,035	20,894	21,098	35,842	15,666	41,024	39,097	84,155	45,859	18,6	83,033	60,65	39,157	46,38	38,413	56,093	
JULIO	21,762	20,563	30,57	34,925	33,158	49,651	22,22	28,164	29,331	29,015	74,147	34,504	93,832	24,235	16,431	25,78	72,59	29,607	
AGOSTO	14,428	7,357	13,465	58,415	17,686	19,246	16,992	30,534	69,213	45,472	47,3	80,326	16,156	27,408	32,264	30,81	49,32	34,346	
SEPTIEMBRE	89,201	22,125	20,83	38,536	15,75	48,158	26,915	40,424	25,522	183,178	133,878	63,648	18,848	19,202	34,887	45,43	80,332	95,642	
OCTUBRE	8,538	9,704	23,448	21,14	20,28	92,537	53,808	25,512	109,246	73,872	46,339	26,364	20,993	47,278	15,228	38,765	27,904	61,709	
NOVIEMBRE	18,834	5,321	11,746	10,029	30,989	69,063	16,825	37,163	49,49	121,882	34,507	20,393	78,876	26,186	49,591	30,386	35,817		
DICIEMBRE	10,183	31,693	11,201	82,195	26,387	104,949	61,571	47,944	161,941	116,499	43,919	37,184	52,168	115,984	41,84	131,692	119,672		
Total	294,35	172,841	201,59	366,771	255,241	652,883	448,732	437,857	731,756	997,496	601,403	405,222	488,682	557,052	446,007	673,612	705,134	491,839	

Fuente: CAMACOL

Anexo 3 Licenciamiento de viviendas en Pereira según estrato (m²)

LICENCIAMIENTO DE VIVIENDAS EN PEREIRA SEGUN ESTRATO (m ²)							
AÑO	ESTRATO						TOTAL
	1	2	3	4	5	6	
2005	39690	23132	18695	30715	79079	44238	235.549
2006	22062	39270	18310	73580	62382	121854	337.458
2007	117368	27780	24574	117503	152265	150990	590.480
2008	100226	49530	19028	19003	152073	51437	391.297
2009	5581	17229	107065	17239	69984	36352	253.450
2010	7870	26945	58780	171743	43080	41442	349.860
2011	27679	114484	26161	41366	53495	77667	340.852
2012	58524	19298	37931	28465	37177	76687	258.082
2013	26657	9629	81270	46012	33898	87583	285.049
2014	21409	83748	40695	65296	73390	73853	358.391
2015	3407	12307	4457	37691	57799	101937	217.598

Fuente: CAMACOL

Anexo 4 Cantidad de cemento consumido en Pereira según tipo de construcción (2005-2015).

Cantidad De Cemento Consumido en Pereira Según Tipo De Construcción 2005-2015															
Volumen De Cemento por m2 Sistema De Construcción					Industrializado (19%)			Mamposteria Estructural (15%)			Mamposteria Confinada (62%)			Otros (4%)	TOTAL
Industrializado	Mamposteria Estructural	Mamposteria Confinada													
kg/m2			Año	m2 Licenciados	m2*19%	kg	t	m2*15%	kg	t	m2*62%	Kg	t	m2*4%	t
157	139	307	2005	235549,00	44754,31	7026426,67	7026,43	35332,35	4911196,65	4911,20	146040,38	44834396,66	44834,40	9421,96	56.772,02
			2006	337458,00	64117,02	10066372,14	10066,37	50618,70	7035999,30	7036,00	209223,96	64231755,72	64231,76	13498,32	81.334,13
			2007	590480,00	112191,20	17614018,40	17614,02	88572,00	12311508,00	12311,51	366097,60	112391963,20	112391,96	23619,20	142.317,49
			2008	391297,00	74346,43	11672389,51	11672,39	58694,55	8158542,45	8158,54	242604,14	74479470,98	74479,47	15651,88	94.310,40
			2009	253450,00	48155,50	7560413,50	7560,41	38017,50	5284432,50	5284,43	157139,00	48241673,00	48241,67	10138,00	61.086,52
			2010	349860,00	66473,40	10436323,80	10436,32	52479,00	7294581,00	7294,58	216913,20	66592352,40	66592,35	13994,40	84.323,26
			2011	340852,00	64761,88	10167615,16	10167,62	51127,80	7106764,20	7106,76	211328,24	64877769,68	64877,77	13634,08	82.152,15
			2012	258082,00	49035,58	7698586,06	7698,59	38712,30	5381009,70	5381,01	160010,84	49123327,88	49123,33	10323,28	62.202,92
			2013	285049,00	54159,31	8503011,67	8503,01	42757,35	5943271,65	5943,27	176730,38	54256226,66	54256,23	11401,96	68.702,51
			2014	358391,00	68094,29	10690803,53	10690,80	53758,65	7472452,35	7472,45	222202,42	68216142,94	68216,14	14335,64	86.379,40
			2015	217598,00	41343,62	6490948,34	6490,95	32639,70	4536918,30	4536,92	134910,76	41417603,32	41417,60	8703,92	52.445,47

Fuente: DANE

Anexo 5 Cantidad de Cemento consumido en Dosquebradas según tipo de construcción (2005-2015).

Cantidad De Cemento Consumido en Dosquebradas Según Tipo De Construcción 2005-2015															
Volumen De Cemento por m2 Sistema De Construcción					Industrializado (19%)		Mamposteria Estructural (15%)			Mamposteria Confinada (62%)			Otros (4%)	TOTAL	
Industrializado	Mamposteria Estructural	Mamposteria Confinada													
kg/m2			Año	m2 Licenciados	m2*19%	kg	t	m2*15%	kg	t	m2*62%	Kg	t	m2*4%	t
157	139	307	2005	90705,00	17233,95	2705730,15	2705,73	13605,75	1891199,25	1891,20	56237,10	17264789,70	17264,79	3628,20	21.861,72
			2006	134777,00	25607,63	4020397,91	4020,40	20216,55	2810100,45	2810,10	83561,74	25653454,18	25653,45	5391,08	32.483,95
			2007	166919,00	31714,61	4979193,77	4979,19	25037,85	3480261,15	3480,26	103489,78	31771362,46	31771,36	6676,76	40.230,82
			2008	102001,00	19380,19	3042689,83	3042,69	15300,15	2126720,85	2126,72	63240,62	19414870,34	19414,87	4080,04	24.584,28
			2009	47320,00	8990,80	1411555,60	1411,56	7098,00	986622,00	986,62	29338,40	9006888,80	9006,89	1892,80	11.405,07
			2010	74550,00	14164,50	2223826,50	2223,83	11182,50	1554367,50	1554,37	46221,00	14189847,00	14189,85	2982,00	17.968,04
			2011	99985,00	18997,15	2982552,55	2982,55	14997,75	2084687,25	2084,69	61990,70	19031144,90	19031,14	3999,40	24.098,38
			2012	138455,00	26306,45	4130112,65	4130,11	20768,25	2886786,75	2886,79	85842,10	26353524,70	26353,52	5538,20	33.370,42
			2013	172903,00	32851,57	5157696,49	5157,70	25935,45	3605027,55	3605,03	107199,86	32910357,02	32910,36	6916,12	41.673,08
			2014	192340,00	36544,60	5737502,20	5737,50	28851,00	4010289,00	4010,29	119250,80	3660995,60	36610,00	7693,60	46.357,79
			2015	45881,00	8717,39	1368630,23	1368,63	6882,15	956618,85	956,62	28446,22	8732989,54	8732,99	1835,24	11.058,24

Fuente: DANE

Anexo 6 Cantidad de Cemento consumido en Apía según tipo de construcción

Cantidad De Cemento Consumido en Apía Según Tipo De Construcción 2005-2015															
Volumen De Cemento por m2 Sistema De Construcción			ÁREA CONSTRUIDA		Industrializado (19%)			Mamposteria Estructural (15%)			Mamposteria Confinada (62%)			Otros (4%)	TOTAL
Industrializado	Mamposteria Estructural	Mamposteria Confinada	Año	m ²	m ² *19%	kg	t	m ² *15%	kg	t	m ² *62%	Kg	t	m ² *4%	t
157	139	307	2014	379964,50	72193,26	11334341,17	11334,34	56994,68	7922259,92	7922,26	235577,99	72322443,77	72322,44	15198,58	91579,04
			2015	404406,81	76837,29	12063455,04	12063,46	60661,02	8431881,92	8431,88	250732,22	76974791,57	76974,79	16176,27	97470,13

Fuente: Elaboración propia

Anexo 7 Cantidad de Cemento consumido en Belén de Umbría según tipo de construcción

Cantidad De Cemento Consumido en Belén de Umbría Según Tipo De Construcción 2005-2015															
Volumen De Cemento por m2 Sistema De Construcción			ÁREA CONSTRUIDA		Industrializado (19%)			Mamposteria Estructural (15%)			Mamposteria Confinada (62%)			Otros (4%)	TOTAL
Industrializado	Mamposteria Estructural	Mamposteria Confinada	Año	m ²	m ² *19%	kg	t	m ² *15%	kg	t	m ² *62%	Kg	t	m ² *4%	t
157	139	307	2014	728281,39	138373,46	21724633,87	21724,63	109242,21	15184666,98	15184,67	451534,46	138621079,79	138621,08	29131,26	175530,38
			2015	748862,88	142283,95	22338579,63	22338,58	112329,43	15613790,99	15613,79	464294,98	142538560,07	142538,56	29954,52	180490,93

Fuente: Elaboración propia

Anexo 8 Cantidad de Cemento consumido en Marsella según tipo de construcción

Cantidad De Cemento Consumido en Marsella Según Tipo De Construcción 2005-2015															
Volumen De Cemento por m2 Sistema De Construcción			ÁREA CONSTRUIDA		Industrializado (19%)			Mamposteria Estructural (15%)			Mamposteria Confinada (62%)			Otros (4%)	TOTAL
Industrializado	Mamposteria Estructural	Mamposteria Confinada	Año	m ²	m ² *19%	kg	t	m ² *15%	kg	t	m ² *62%	Kg	t	m ² *4%	t
157	139	307	2014	638483,00	121311,77	19045948,00	19045,95	95772,45	13312370,63	13312,37	395859,46	121528854,92	121528,85	25539,32	153887,17
			2015	709771,08	134856,50	21172471,23	21172,47	106465,66	14798726,96	14798,73	440058,07	135097826,83	135097,83	28390,84	171069,03

Fuente: Elaboración propia

Anexo 9 Cantidad de Cemento consumido en Mistrató según tipo de construcción

Cantidad De Cemento Consumido en Mistrató Según Tipo De Construcción 2005-2015															
Volumen De Cemento por m2 Sistema De Construcción			ÁREA CONSTRUIDA		Industrializado (19%)			Mamposteria Estructural (15%)			Mamposteria Confinada (62%)			Otros (4%)	TOTAL
Industrializado	Mamposteria Estructural	Mamposteria Confinada	Año	m ²	m ² *19%	kg	t	m ² *15%	kg	t	m ² *62%	Kg	t	m ² *4%	t
157	139	307	2005	275011,20	52252,13	8203583,97	8203,58	41251,68	5733983,43	5733,98	170506,94	52345631,00	52345,63	11000,45	66283,20
			2015	340814,16	64754,69	10166486,47	10166,49	51122,12	7105975,29	7105,98	211304,78	64870567,73	64870,57	13632,57	82143,03

Fuente: Elaboración propia

Anexo 10 Cantidad de Cemento consumido en Quinchía según tipo de construcción

Cantidad De Cemento Consumido en Quinchía Según Tipo De Construcción 2005-2015															
Volumen De Cemento por m2 Sistema De Construcción			ÁREA CONSTRUIDA		Industrializado (19%)			Mampostería Estructural (15%)			Mampostería Confinada (62%)			Otros (4%)	TOTAL
Industrializado	Mampostería Estructural	Mampostería Confinada			m ² *19%	kg	t	m ² *15%	kg	t	m ² *62%	Kg	t	m ² *4%	t
kg/m2			Año	m ²											
157	139	307	2005	561317,61	106650,35	16744104,27	16744,10	84197,64	11703472,14	11703,47	348016,92	106841193,66	106841,19	22452,70	135288,77
			2016	704931,07	133936,90	21028093,94	21028,09	105739,66	14697812,89	14697,81	437057,27	134176580,64	134176,58	28197,24	169902,49

Fuente: Elaboración propia

Anexo 11 Cantidad de Cemento consumido en Santa Rosa de Cabal según tipo de construcción

Cantidad De Cemento Consumido en Santa Rosa De Cabal Según Tipo De Construcción 2005-2015															
Volumen De Cemento por m2 Sistema De Construcción			ÁREA CONSTRUIDA		Industrializado (19%)			Mampostería Estructural (15%)			Mampostería Confinada (62%)			Otros (4%)	TOTAL
Industrializado	Mampostería Estructural	Mampostería Confinada			m ² *19%	kg	t	m ² *15%	kg	t	m ² *62%	Kg	t	m ² *4%	t
kg/m2			Año	m ²											
157	139	307	2014	3617264,13	687280,19	107902989,12	107902,99	542589,62	75419957,20	75419,96	2242703,76	688510055,30	688510,06	144690,57	871833,00
			2015	3920400,38	744876,07	116945543,33	116945,54	588060,06	81740347,92	81740,35	2430648,24	746209008,30	746209,01	156816,02	944894,90

Fuente: Elaboración propia

Anexo 12 Cantidad de Cemento consumido en Balboa según tipo de construcción

Cantidad De Cemento Consumido en Balboa Según Tipo De Construcción 2005-2015															
Volumen De Cemento por m2 Sistema De Construcción			ÁREA CONSTRUIDA		Industrializado (19%)			Mampostería Estructural (15%)			Mampostería Confinada (62%)			Otros (4%)	TOTAL
Industrializado	Mampostería Estructural	Mampostería Confinada			m ² *19%	kg	t	m ² *15%	kg	t	m ² *62%	Kg	t	m ² *4%	t
kg/m2			Año	m ²											
157	139	307	2013	111.916,00	21.264,04	3.338.454,28	3.338,45	16.787,40	2.333.448,60	2.333,45	69.387,92	21.302.091,44	21.302,09	4.476,64	26.973,99
			2015	121.560,00	23.096,40	3.626.134,80	3.626,13	18.234,00	2.534.526,00	2.534,53	75.367,20	23.137.730,40	23.137,73	4.862,40	29.298,39

Fuente: Elaboración propia

Anexo 13 Cantidad de Cemento consumido en Guática según tipo de construcción

Cantidad De Cemento Consumido en Guática Según Tipo De Construcción 2005-2015															
Volumen De Cemento por m2 Sistema De Construcción			ÁREA CONSTRUIDA		Industrializado (19%)			Mampostería Estructural (15%)			Mampostería Confinada (62%)			Otros (4%)	TOTAL
Industrializado	Mampostería Estructural	Mampostería Confinada			m ² *19%	kg	t	m ² *15%	kg	t	m ² *62%	Kg	t	m ² *4%	t
kg/m2			Año	m ²											
157	139	307	2005	306.925,00	58.315,75	9.155.572,75	9.155,57	46.038,75	6.399.386,25	6.399,39	190.293,50	58.420.104,50	58.420,10	12.277,00	73.975,06
			2015	368.738,00	70.060,22	10.999.454,54	10.999,45	55.310,70	7.688.187,30	7.688,19	228.617,56	70.185.590,92	70.185,59	14.749,52	88.873,23

Fuente: Elaboración propia

Anexo 14 Cantidad de Cemento consumido en Santuario según tipo de construcción

Cantidad De Cemento Consumido en Santuario Según Tipo De Construcción 2005-2015															
Volumen De Cemento por m2 Sistema De Construcción			ÁREA CONSTRUIDA		Industrializado (19%)			Mampostería Estructural (15%)			Mampostería Confinada (62%)			Otros (4%)	TOTAL
Industrializado	Mampostería Estructural	Mampostería Confinada			m ² *19%	kg	t	m ² *15%	kg	t	m ² *62%	Kg	t	m ² *4%	t
kg/m2			Año	m ²											
157	139	307	2014	339163,00	64440,97	10117232,29	10117,23	50874,45	7071548,55	7071,55	210281,06	64556285,42	64556,29	13566,52	81745,07
			2015	363046,00	68978,74	10829662,18	10829,66	54456,90	7569509,10	7569,51	225088,52	69102175,64	69102,18	14521,84	87501,35

Fuente: Elaboración propia

Anexo 15 Cantidad de Cemento consumido en La Virginia según tipo de construcción

Cantidad De Cemento Consumido en La Virginia Según Tipo De Construcción 2005-2015															
Volumen De Cemento por m2 Sistema De Construcción			ÁREA CONSTRUIDA		Industrializado (19%)			Mampostería Estructural (15%)			Mampostería Confinada (62%)			Otros (4%)	TOTAL
Industrializado	Mampostería Estructural	Mampostería Confinada			m ² *19%	kg	t	m ² *15%	kg	t	m ² *62%	Kg	t	m ² *4%	t
kg/m2			Año	m ²											
157	139	307	2007	2296188,00	436275,72	68495288,04	68495,29	344428,20	47875519,80	47875,52	1423636,56	437056423,92	437056,42	91847,52	553427,23
			2016	2474969,00	470244,11	73828325,27	73828,33	371245,35	51603103,65	51603,10	1534480,78	471085599,46	471085,60	98998,76	596517,03

Fuente: Elaboración propia

Anexo 16 Áreas por polígonos, crecimiento (m2), % de crecimiento

MUNICIPIO		(m2)	CRECIMIENTO EN (m2)	% CRECIMIENTO		
1	Apia Risaralda	Polígono (2015)	404406,807	24442,302	6,04%	
		Polígono (2014)	379964,504			
2	Balboa Risaralda	Polígono 1 (2015)	93584,000	121560,000	9644,000	7,93%
		Polígono 2 (2015)	17237,000			
		Polígono 3 (2015)	10739,000			
		Polígono 1 (2013)	86842,000	111916,000		
		Polígono 2 (2013)	16459,000			
		Polígono 3 (2013)	8615,000			
3	Belén de Umbría Risaralda	Polígono 1 (2015)	748862,877	20581,487	2,75%	
		Polígono 2(2014)	728281,390			
4	Guatica Risaralda	Polígono 1 (2015)	255615,000	368738,000	61813,000	16,76%
		Polígono 2 (2015)	113123,000			
		Polígono 1 (2005)	211388,000	306925,000		
		Polígono 2 (2005)	95537,000			
6	La Virginia Risaralda (metodo 1)	Polígono (2016)	2009948,240	194351,990	9,67%	
		Polígono (2007)	1815596,250			
7	La Virginia Risaralda (metodo 2)	polígono (2016)	1833252,000	180580,000	9,85%	
		Polígono (2007)	1652672,000			
7	Marsella Risaralda	Polígono (2015)	709771,077	71268,074	10,04%	
		Polígono (2014)	638483,004			
8	Mistrato Risaralda	Polígono (2015)	340814,163	65802,967	19,31%	
		Polígono (2005)	275011,196			
9	Quinchia Risaralda	Polígono (2016)	704931,074	143613,465	20,37%	
		Polígono (2005)	561317,609			
10	Santa Rosa Risaralda	Polígono (2015)	3920400,380	303136,246	7,73%	
		Polígono (2014)	3617264,134			
11	Santuario Risaralda	Polígono (2015)	363046,000	23883,000	6,58%	
		Polígono (2014)	339163,000			

Fuente: Elaboración propia