

# Capítulo 4. COMPORTAMIENTO DE LOS INDICADORES ALREDEDOR DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN



Analysis



Statistics

Category	Value
Q1	10000
Q2	12000
Q3	15000
Q4	18000
Q5	20000
Q6	22000
Q7	25000
Q8	28000
Q9	30000
Q10	32000



Statistic Analysis





La construcción es uno de los sectores de mayor importancia en la economía global, íntimamente asociado a la promoción del desarrollo económico, gracias a la capacidad de generar empleo, demandar insumos de otros sectores y crear infraestructura esencial para el desarrollo social y económico de cualquier nación. No obstante, las marcadas crisis económicas mundiales y su impacto en la producción colombiana generan cambios en la dinámica comercial. Esto produce una propensión del sector en los ciclos de vida con mayor pronunciamiento que el promedio nacional.

Por tal razón, el presente capítulo establece los factores externos que representan el sector de la construcción, a través del estudio y depuración de los Indicadores Económicos Alrededor de la Construcción (IEAC), formulados por el DANE. Se evalúan los trece parámetros que lo componen. Estos son categorizados en indicadores macroeconómicos, oferta, demanda, índices y precios, junto con representatividad, evaluados en la geografía nacional en el periodo 2005-2019 e identificando variaciones macroeconómicas y su contexto.

Paralelamente, estos datos son depurados mediante el análisis de componentes principales, iniciando por el ajuste en la serie de tiempo de las variaciones mensuales y anuales, determinando factores representativos para su posterior inclusión de un modelo que permi-

ta vislumbrar características de la dinámica del sector de la construcción. No obstante, la gran cantidad de variables que conforman un modelo de factores económicos externos dificulta en conjunto su interpretación.

Entonces, al implementar estos métodos fue posible identificar la asociación y reducción de factores, estableciendo comportamientos similares, en coherencia con el impacto de las dinámicas globales que han repercutido en la economía colombiana, permitiendo la síntesis y el establecimiento de aquellos factores que, con mayor importancia, representan el sector de la construcción.

#### **4.1 Evaluación de factores externos del sector de la construcción**

El adecuado desempeño del sector de la construcción se asocia a la promoción del desarrollo económico y social, gracias a la capacidad de generar empleo, demandar insumos de otros sectores económicos y la construcción de viviendas e infraestructura que mejoren la calidad de vida de los colombianos.

En especial, estas políticas se acentúan en países en vías de desarrollo como Colombia, ya que se evidencia un déficit de infraestructura y habitacional considerable; y es habitual la generación de políticas que incluyen asignaciones presupuestales directas o a través de instituciones financieras, ejecutadas por empresas, considerando una explotación económica, realizada por personas naturales o jurídicas que integran el nicho empresarial del sector. Además, esta actividad económica involucra la elaboración y ejecución de los proyectos de construcción.

El dinamismo de este sector crea fuentes de empleo y un importante movimiento de materia prima en el territorio (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2017; Córdova & Alberto, 2018). Por lo anterior, las grandes inversiones en obras civiles y edificaciones son fundamentales para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos, la productividad y competitividad empresarial. Estas inversiones generan un dinamismo de la economía colombiana y a su vez, fundamental para incrementar la productividad en otros sectores económicos, ligadas a la expansión del comercio y aumento de la oferta de bienes y servicios.

Así, la inversión en obras civiles es imprescindible para consolidar la competitividad frente a otras economías, (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2017). Además, este impulso al sector de la construcción se sustenta en el capital público, debido a los altos montos requeridos y garantías que proporciona el Estado, la no rivalidad en el consumo y la no exclusión en su uso. Las grandes inversiones en infraestructura, cuando las políticas son generadas, comúnmente, por instituciones gubernamentales, se focalizan en función de las necesidades de los interesados, a través de sus políticas fiscales, regulatorias y asignaciones presupuestales por instituciones financieras (Chinyio & Olomolaiye, 2010).

De esta forma, el sector privado en Colombia tenderá a proporcionar el capital productivo y el gobierno, la función de aumentar el bienestar social, proporcionando capital público; incluso cuando debe gravar los recursos privados para financiarlos, forjando una dependencia y a su vez una propensión a los fenómenos económicos que afectan al sector público. La historia económica está repleta de ejemplos de capital público y

de infraestructura que tuvieron importantes repercusiones en el PIB o en el bienestar a largo plazo.

Por ejemplo, Gordon (2016) destaca las contribuciones de las infraestructuras de saneamiento, agua potable y electricidad proporcionadas por el sector público en el aumento de la esperanza de vida y el incremento de la productividad en los Estados Unidos de América durante la primera parte del siglo XX. Posterior a la Segunda Guerra Mundial, el programa de carreteras interestatales de Estados Unidos se ha vinculado a importantes aumentos de la producción.

Recientemente, el gasto público en infraestructura también ha ocupado un lugar destacado en los debates de política relativos al estímulo a corto plazo, considerando que el gasto público en infraestructura tiene ventajas sobre el gasto público en consumo para estimular la economía durante una recesión (Ji, Zou, & Tian, 2019; Ramey, 2020). Por lo anterior, este tipo de modelo económico sigue los planteamientos formulados por John Maynard Keynes en el gasto público, estimulando la economía a corto plazo mediante ingresos estándar, efectos multiplicadores y ayudando a devolver la producción a su potencial.

Además, el gasto de inversión del gobierno, direccionado en infraestructura, tiene ventajas adicionales. En particular, si el gasto público a corto plazo aumenta, el acervo de capital público productivo o la productividad total de los factores de largo plazo (PTF) también lo hará. Así, el gasto público ofrece dos beneficios, el primero en el estímulo de la demanda a corto plazo y el estímulo de la oferta a largo plazo. Estos efectos son especialmente bien aceptados, ya que normalmente los paquetes de estímulo deben financiarse con un aumen-

to de los impuestos distorsionantes una vez terminada la recesión. Si la producción sigue siendo mayor debido a los efectos a largo plazo de un mayor capital público, la base imponible se amplía y los aumentos necesarios de los tipos impositivos son menores (Ramey, 2020).

Así, se han realizado importantes inversiones en el sector de la construcción y una cantidad significativa de estudios han evaluado su impacto en infraestructura sobre el crecimiento económico. Estos estudios son el punto de partida de la presente investigación, la cual busca establecer los fenómenos económicos en un periodo de tiempo y su impacto en la construcción, al considerar las presiones macroeconómicas globales y dinámica comercial nacional mediante el establecimiento de los factores externos.

Estos factores integran un comportamiento significativo de las dinámicas económicas, en contexto con otras ramas de producción, la oferta y la demanda, fundamentado en el análisis de componentes principales para la reducción de variables significativas que permitan formular un análisis del comportamiento económico, su efecto en el sector de la construcción y una aproximación metodológica fundamentada en el papel del sector público; donde los resultados de la construcción se consideran capital estatal, junto con la evaluación de los esfuerzos para el desarrollo económico y social de la Nación.

## 4.2 Metodología

### 4.2.1 Establecimiento de factores externos

El DANE formuló el boletín de Indicadores Económicos Alrededor de la Construcción (IEAC), el cual presenta información de 13 investigaciones relacionadas con la dinámica económica de este sector. Además, categoriza estos factores en grupos o indicadores macroeconómicos, oferta, demanda, indicadores y precios, como se observa en la Tabla 1.

Los boletines técnicos y sus anexos (base de datos) son expedidos de forma periódica, considerando las diferencias geográficas y su cobertura, junto con la variación mensual, trimestral o anual, que incluye los recientes cambios en la categorización y actualización metodológica. Además, se realizan empalmes mediante el uso de una nomenclatura basada en los estándares internacionales de clasificación de actividades económicas COICOP (Clasificación del consumo individual por finalidades, por sus siglas en inglés) y CIIU (Clasificación Industrial Internacional Uniforme).

Paralelamente, la información recolectada es seleccionada y organizada mediante el análisis de informes periódicos suministrados por centros de investigación económicos, informes de asociaciones privadas y diversas cámaras de comercio, en especial CAMACOL, con el fin de relacionar la productividad del sector de la construcción, sus subsectores y la generación de empleo, con diversas dinámicas externas e internas que afectan el sector.



Tabla 1. Indicadores económicos alrededor de la construcción evaluados entre el 2005 y 2019

Indicador	Factor	Periodo de publicación	N.º de Boletines
Macroeconómicos	PIB producción y gastos	Trimestral	60
	Valor agregado de la rama construcción	Trimestral	60
	Valor agregado de obras civiles	Trimestral	60
	Valor agregado de edificaciones	Trimestral	60
	Valor agregado de actividades especializadas	Trimestral	60
	IPP total	Mensual	180
	Tasa de ocupación total nacional	Mensual	180
Oferta	Producción de cemento gris	Mensual	180
	Área causada	Trimestral	60
	Área licenciada de edificaciones	Mensual	180
	Área iniciada de edificaciones	Trimestral	60
	Área culminada de edificaciones	Trimestral	60
Demanda	Despachos de cemento gris	Mensual	180
	Concreto premezclado	Mensual	180
	Valor de los créditos desembolsados para vivienda	Trimestral	60
	Número de créditos desembolsados para vivienda	Trimestral	60
	Saldo de capital de la cartera hipotecaria de vivienda	Trimestral	60
	Número de créditos de la cartera hipotecaria de vivienda	Trimestral	60
Precios e índices	Índice de precios de vivienda nueva	Trimestral	60
	Índice de costos de la construcción de vivienda	Trimestral	60
	Índice de costos de la construcción pesada	Mensual	180
	Indicador de inversión en obras civiles	Trimestral	60
	IPP materiales de construcción	Mensual	180

Fuente: editada de indicadores económicos alrededor de la construcción del DANE.

#### 4.2.1.1 Estudio macroeconómico mediante evaluación de factores externos al sector de la construcción

El sector de la construcción experimenta ciclos de actividad mucho más pronunciados que el promedio de sectores que conforman la economía nacional. Asimismo, es susceptible a las variaciones económicas internacionales. De modo que se considera uno de los principales indicadores, debido a la influencia que tiene en las variaciones en el ciclo de la economía (Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), 2019a). Para establecer el efecto del sector de la construcción se compiló la información histórica diferenciada en los indicadores del IEAC.

- **Producto Interno Bruto y Valor Agregado de la Rama de la Construcción (VAC)**

La recolección y síntesis de información relacionada con los indicadores macroeconómicos son expuestas por las cuentas nacionales del DANE, trimestralmente, mediante la constitución sintética de información de coyuntura económica, articulando los análisis de estadísticas descriptivas en los principales agregados macroeconómicos.

Para tal efecto, las cuentas trimestrales se soportan en los estándares internacionales de medición económica, definidos por la integración del Fondo Monetario Internacional, Comisión Europea, Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) Naciones Unidas y Banco Mundial en el Sistema de Cuentas Nacionales 2008, implementado en Colombia como un marco estadístico que proporciona un conjunto completo, coherente y flexible de cuentas macroeconómicas para la formulación de políticas, análisis e

investigación (Comisión Europea, Fondo Monetario Internacional, Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, Naciones Unidas, & Banco Mundial, 2016). Además, se utilizan estudios realizados por el Fondo Monetario Internacional mediante el Manual de cuentas nacionales trimestrales, conceptos, fuente de datos y compilación (Bloem, Dippelsman, & MÆhle, 2001).

Los boletines técnicos elaborados por el DANE tienen como propósito presentar los principales cambios de corto plazo del PIB, exponiendo los resultados de las series encadenadas de volumen con año de referencia 2015, desde los enfoques de la producción y gasto, en los últimos 15 años (2005-2020), escogiendo como el valor representativo de producción anual el cuarto trimestre de cada año, debido a que este valor corresponde a la suma de producción anual en miles de millones de pesos.

El PIB, desde un enfoque de producción, fue separado en valores de derechos e impuestos sobre importaciones, Impuesto de Valor Agregado (IVA) no deducible e impuestos al producto (excepto impuestos sobre importaciones e IVA no deducible), subvenciones al producto y la producción bruta como valor de medición; seleccionando las 12 agrupaciones iniciales de la actividad económica, según la última Clasificación de Actividades Económicas CIIU (Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), 2012).

De igual manera, el VAC se selecciona mediante la clasificación de 24 agrupaciones de actividad económica del país, según la sección CIIU Rev. 4 A.C. La selección de los factores que integran el PIB desde un enfoque de gastos se realizó con la clasificación de

Cuentas Nacionales (Comisión Europea et al., 2016). Asimismo, se seleccionaron los desgloses del gasto de consumo final de los hogares por finalidad y durabilidad mediante clasificación COICOP (Departamento de Asuntos Económicos y Sociales División de Estadística, 2001), al igual que la cuantía de gastos mediante la formación bruta de capital fijo. Estos factores conforman el indicador macroeconómico. La Tabla 2 expone los factores que comprenden este indicador.

Tabla 2. Factores que integran el PIB desde un enfoque de gastos y producción.

Indicador		Factores	Clasificación	Nombre					
Macroeconómico	PIB Producción	Actividad económica	CIIU Rev. 4 A.C. 12 agrupaciones	G + H + I	Comercio al por mayor y al por menor				
				O + P + Q	Administración pública y defensa; planes de seguridad social				
				C	Industrias manufactureras				
				L	Actividades inmobiliarias				
				M + N	Actividades profesionales, científicas y técnicas				
				F	Construcción				
				A	Actividades agropecuarias				
				B	Explotación de minas y canteras				
				K	Actividades financieras y de seguros				
				D + E	Información y comunicaciones				
				J	Servicios públicos domiciliarios, gestión de residuos y saneamiento ambiental				
				R + S + T	Actividades artísticas, entretenimiento y recreación y otras				
				Valor agregado de la rama construcción (VAC)	CIIU Rev. 4 A.C. 24 agrupaciones	F01	Construcción de edificaciones residenciales y no residenciales		
						F02	Construcción de carreteras y vías de ferrocarril, de proyectos de servicio público y de otras obras de ingeniería civil		
						F03	Actividades especializadas para la construcción de edificaciones y obras de ingeniería civil		
						Producto Interno Bruto	Clasificación Cuentas Nacionales	P.8	Demanda interna
								P.3	Gasto de consumo final
								P.5	Formación bruta de capital
	P.6	Exportaciones							
	P.7	Importaciones							

Macroeconómico	PIB Gastos	Formación bruta de capital fijo	Clasificación Cuentas Nacionales	Vivienda	
				AN111	Otros edificios y estructuras
				AN112	Maquinaria y equipo
				AN113 + AN114	Recursos biológicos cultivados
				AN115	Productos de propiedad intelectual
				AN117	Alimentos y bebidas no alcohólicas
				01	Bebidas alcohólicas, tabaco y estupefacientes
				02	Prendas de vestir y calzado
				03	Alojamiento, agua, electricidad, gas y otros combustibles
				04	Muebles, artículos para el hogar y para la conservación ordinaria del hogar
				05	Salud
				06	Transporte
				07	Comunicaciones
				08	Recreación y cultura
				09	Educación
				10	Restaurantes y hoteles
				11	Bienes y servicios diversos
				12	Bienes durables
				D	Bienes no durables
				ND	Bienes semidurables
				SD	Servicios
				S	
		Gasto de consumo final de los hogares por finalidad y durabilidad	Divisiones COICOP		

Fuente: elaboración propia a partir de la clasificación de datos siniestrados por el DANE.

- **Tasa de ocupación total nacional**

Mediante la formulación de la Gran Encuesta Integrada de Hogares (GEIH), el DANE consolida información sobre las condiciones de empleo de las personas en todo el territorio nacional y su desagregación en las 23 ciudades capitales y áreas metropolitanas incluyendo San Andrés, con el fin de proporcionar información sobre el tamaño y estructura de la fuerza de trabajo del país. Además, integra las características sociodemográficas de la población y la fuerza de trabajo con el

fin de estimar los principales indicadores del mercado laboral colombiano (Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE, 2020c).

Lo anterior permitió seleccionar la población ocupada en el territorio nacional, según ramas de actividad mediante la clasificación CIIU 4 A.C, en los últimos quince años (2005-2020); calculando como valor representativo el promedio de las publicaciones mensuales, diferenciadas por ocupados, según rama de actividad económica como se expone en la Tabla 3.

Tabla 3. Factores que conforman la tasa de ocupación nacional por ramas de actividad económica.

Indicador	Factor	Clasificación	Nombre		
Macroeconómico	Ocupación total nacional	Ocupados según ramas de actividad económica, total nacional	CIIU Rev. 4 A.C.	A	Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca
				B	Explotación de minas y canteras
				C	Industria manufacturera
				D + E	Suministro de electricidad, gas y agua
				F	Construcción
				G + I	Comercio, hoteles y restaurantes
				H	Transporte, almacenamiento y comunicaciones
				K	Intermediación financiera
				L	Actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler
				Q	Servicios comunales, sociales y personales

Fuente: elaboración propia a partir de la clasificación de datos siniestrados por el DANE.

#### 4.2.1.2 Análisis de la oferta mediante evaluación de factores externos relacionados al sector de la construcción

La oferta en los IEAC se establece mediante la evaluación de recursos materiales reasentados en la producción de cemento, como material esencial de la

construcción en cualquier obra civil o edificación. Este último es el segundo factor que integra la oferta, presentada en la actividad edificadora según el IEAC y establecida mediante el Censo a Edificaciones (CEED). Estos dos factores se definen a continuación.

- **Estadísticas del cemento gris**

El DANE proporciona información mensual sobre la evolución de la producción y despachos nacionales de cemento gris, incluyendo la totalidad de las empresas cementeras a partir del 2009 cuando finalizaron las operaciones del Instituto Colombiano de Productores de Cemento (ICPC), definida como una entidad gremial sin ánimo de lucro que realizaba asistencia técnica y estrategias promocionales para fomentar la industria del cemento, la cual evaluaba la dinámica cementera basada en algunas compañías productoras.

No obstante, a partir del 2009, el DANE asumió la producción de las estadísticas del cemento gris, realizando un censo a todas las empresas cementeras del país. De modo que la información obtenida se evaluará en un periodo de diez años (2010-2020), mediante los boletines mensuales denominados Estadísticas de Cemento Gris (ECG), estimando un valor anual a través de la sumatoria de las cantidades ofertadas y demandadas mensualmente, considerando la producción total y la oferta evaluada en toneladas producidas y comercializadas. Este desglose se expone en la Tabla 4.

Tabla 4. Factores que conforman las estadísticas del cemento gris en Colombia.

Indicador	Factores	Clasificación	Nombre
Oferta	Despacho y producción de cemento gris	Toneladas/año	Total producido
			Despacho a concreteras
			Despacho para comercialización
			Despacho a constructores y contratistas
			Despacho a otros

Fuente: elaboración propia a partir de la información suministrada por el DANE

- **Censo de edificaciones (CEED)**

El DANE diseñó e implementó el Censo de Edificaciones (CEED) como una operación estadística para determinar trimestralmente el estado actual de la actividad en construcción de edificaciones para establecer su composición, evolución y producción; convirtiéndose en uno de los insumos principales para el cálculo del PIB del subsector edificador. Esta evaluación permitirá establecer el comportamiento histórico de la demanda mediante el análisis estadístico por panel longitudinal, que permite el seguimiento de las áreas utilizadas para la construcción de edificaciones y las caracteriza por sus diferentes estados de obras.

Además, se han realizado cambios en la medición del CEED, posterior a su creación en el 1996, gracias al aumento de cobertura a partir del 2000, que incluyó el área de Armenia con el propósito de realizar un seguimiento a los procesos de reconstrucción, debido al sismo acontecido el 25 de enero de 1999. Esta zona es sumada a las seis áreas con diecisiete municipios de aquella época. Por lo anterior, debido al alcance temporal de la presente investigación, se utilizará la medición que incluye 7 áreas con el fin de evaluar un rango de quince años (2005-2020), promediando los informes trimestrales para obtener un valor anual representativo y



el análisis de la oferta, mediante la estimación de factores relacionados con la construcción de edificaciones. Estos se discriminan en la Tabla 5.

Tabla 5. Factores que conforman la construcción de edificaciones en Colombia.

Evaluación en la construcción de edificaciones	Estado de la obra (m <sup>2</sup> )	Área (m <sup>2</sup> ) aprobada para construcción	Unidades de vivienda aprobadas para construcción	
<b>Cobertura de las obras</b>	Cinco áreas urbanas y dos metropolitanas	Licencias en 77 municipios		
<b>Tipo de obra</b>	Obras culminadas		Total	
	Obras nuevas		Vivienda VIS	
	Obras en proceso	Continúan en proceso	No VIS	No VIS
		Reinició proceso	Otros destinos	
	Total proceso		Total	
	Obras paralizadas o inactivas	Obras nuevas		
		Continúan paralizadas		
Total paralizadas				

Fuente: elaboración propia a partir de la información suministrada por el DANE.

#### 4.2.2 Estudio de la demanda mediante evaluación de factores externos relacionados al sector de la construcción

Para definir los bienes o servicios que los productores y consumidores han adquirido durante un periodo determinado, se logra inferir en la necesidad percibida, alternativas e ingresos disponibles de los demandantes para establecer comportamientos y efectos en el comercio de materiales y bienes relacionados con el sector de la construcción. A continuación, se expone la discriminación de los factores que permiten vislumbrar el comportamiento de la demanda del sector a partir del IEAC.

#### 4.2.2.1 Concreto premezclado

El concreto es considerado uno de los insumos más importantes para el sector de la construcción en la mayoría de obras civiles (carreteras, puentes, represas, etc.) y la construcción de edificaciones, en sus primeras etapas constructivas. Asimismo, es un indicador idóneo para establecer la demanda, abarcando la mayoría de obras civiles y edificación en Colombia. Así, el DANE ha formulado las estadísticas de su demanda y ha constituido un potencial indicador del sector. Este se ha consolidado mediante la investigación en las principales empresas industriales dedicadas a esta actividad, las cuales se estima que cubren al menos el 95% de la producción total de concreto premezclado.

El objetivo de la encuesta es proporcionar información sobre la evolución de la producción mensual de concreto por destino (vivienda, obras civiles, edificaciones y otros). Por ello, se ha considerado la información estadística suministrada por el DANE, la cual recaba y formula boletines mensuales desde el año 2010, calculando un valor anual representativo, al sumar la información mensual de producción a diferentes destinos. La Tabla 6 expone dichos factores relacionados con la demanda de concreto premezclado.

Tabla 6. Factores que conforman la demanda de concreto premezclado en Colombia.

Indicador	Factores	Clasificación	Nombre
Demanda	Demanda de concreto premezclado	Toneladas/año	Vivienda
			VIS
			No VIS
			Total
			Obras Civiles
			Edificaciones
Otros*			
			Total

Fuente: elaborado a partir de la información suministrada por el DANE.

#### 4.2.2.2 Créditos hipotecarios y cartera de vivienda

El DANE, apoyado y trabajando con entidades financieras como la Superintendencia Bancaria de Colombia y el Instituto Colombiano de Ahorro y Vivienda (ICAV), entre otras instituciones y gremios en convergencia con entidades internacionales, ha construido el diseño metodológico de Cartera Hipotecaria de Vivienda (CHV) (Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE, 2019). El cual permite medir la evolución del sistema financiero colombiano y la ampliación de las estadísticas que ofrece al país periódicamente, creando espacios interinstitucionales necesarios para su evaluación. La metodología implementada se divide en tres partes:

- Identificación de las variables de estudio de la investigación.
- Análisis de las entidades financiadoras de vivienda y creación de un método estadístico que permitiera la coherencia de las entidades que conforman la cobertura institucional.
- Proceso de validación de la información de las entidades que son vigiladas y reguladas por la Superintendencia financiera, mediante el contraste de la información reportada al DANE y la contenida en el Plan Único de Cuentas (PUC), que fue suministrada por la misma Superintendencia.

Los resultados se exponen en boletines trimestrales, evaluados en quince años (2005-2020), tomando como valor representativo anual el promedio de los valores trimestrales, para los distintos factores que componen la dinámica de la demanda de créditos y cartera de vivienda, expuesta en la Tabla 7.

Tabla 7. Factores que conforman los créditos y cartera hipotecaria en Colombia.

Indicador	Factores	Clasificación	Nombre
Demanda	Créditos y cartera hipotecaria	Valor de créditos desembolsados para la compra de vivienda	Vivienda nueva y lotes con servicios
			Vivienda usada
		Saldo de capital total, según cartera vigente y vencida total nacional	Cartera Vigente
			Cartera Vencida
		Créditos otorgados según rango de vivienda, número	VIS
			No VIS
		Viviendas financiadas, unidades	Vivienda nueva y lotes con servicios
			Vivienda usada
Número de créditos, según cartera vigente y vencida total nacional	Cartera Vigente		
	Cartera Vencida		

Fuente: elaborado a partir de la información suministrada por el DANE.

#### 4.2.2.3 Estudio de los índices y precios relacionados con el sector de la construcción

Parte de los Indicadores Económicos Alrededor de la Construcción (IEAC) se desglosan en precios e índices, conformados para facilitar la evaluación de variables relacionadas con el comportamiento del sector. Estos índices son variados en relación con las diferentes ramas de la construcción y sus particularidades e incidencias en la economía colombiana. Por lo tanto, se hace la diferenciación de los mismos para su análisis, como se resume en la Tabla 8.

Tabla 8. Factores que conforman los índices y precios relacionados con el sector de la construcción en Colombia.

Indicador	Factores	Clasificación	Nombre				
Indicadores y precios	Índice de costos de construcción de vivienda	ICCV	Total ICCV				
			Materiales				
			Mano de obra				
			Maquinaria y equipo				
	Índices de precios a la producción	IPP	Producción nacional	_Total IPP			
				Materiales de construcción			
				Agricultura, ganadería y pesca			
				Minería			
				Industria			
				Oferta interna	Oferta Interna		
					Agricultura, ganadería y pesca		
					Minería		
				Procedencias	Industria		
					Producidos para Consumo Interno		
					Importados		
				Índice de precios a vivienda nueva	IPVN		Exportados
							Ciudades Total
	Apartamentos						
	Casas						
	Índice de costos a la construcción pesada	ICCP		Total_ Nacional			
				Total ICCP			
				Canasta General de Equipos			
				Canasta General de Materiales			
				Canasta General de Transporte			
				Canasta General de Mano de obra			
				Canasta General de Costos indirectos			
				Grupos de obra para explanación			
Grupos de obra para Sub bases y bases							
Grupos de obra para Transporte de materiales							
Grupos de obra para Aceros y elementos metálicos							
Grupos de obra para Acero estructural y cables de acero							
Grupos de obra para Concretos, morteros y obras varias							
Grupos de obra para Concreto para estructura de puentes							
Grupos de obra para Pavimentaciones con asfalto							

Jorge Andrés Sarmiento-Rojas  
Milton Januario Rueda-Varón  
César Hernando Rincón-González

Fuente: elaborado a partir de la información suministrada por el DANE.

A continuación se definen los diversos índices del sector de la construcción:

- **Índice de Precios de Vivienda Nueva (IPVN)**

El Índice de precios de vivienda - IPVN es una investigación estadística formulada por el DANE, que permite medir la variación porcentual promedio de los precios de venta de la vivienda nueva en proceso de construcción. El IPVN se formula a partir del Censo de Edificaciones -CEED- como se expone en la formulación de los factores que determinan algunos de estos índices, con el fin de obtener el valor de la producción de obras en un momento determinado.

Este indicador mide la evolución trimestral de los precios de viviendas nuevas, al construir un índice de precios superlativo de Fisher, utilizando como base el IV trimestre de 2006, y manteniendo como información primaria la base de microdatos del CEED. Lo anterior es utilizado para construir la serie histórica del indicador a partir del primer trimestre de 1997. Los métodos utilizados para la construcción de los índices de precios fueron Laspeyres y Paasche, para así calcular el índice ideal de Fisher (Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE, 2020).

- **Índice de costos de la construcción de vivienda (ICCV)**

El Índice de Costos de la Construcción de Vivienda (ICCV) es una operación estadística formulada y publicada por el DANE, con el fin de observar el comportamiento de costos en los principales insumos utilizados en la construcción de vivienda. Este indica-

dor constituye un importante punto de referencia para la actualización de presupuestos, contratos y demás aspectos relacionados con la evolución de los precios de la construcción de vivienda.

Adicionalmente, se ha convertido en una herramienta importante para entidades y gremios como la Cámara Colombiana de la Construcción (CAMACOL), que busca analizar temas inherentes de la economía del país, hacer proyecciones y precisar las perspectivas del sector de la construcción (Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE, 2020d).

- **Índice de Costos de la Construcción Pesada (ICCP)**

Se define como un indicador de la actividad constructiva de carreteras y puentes, implementando maquinaria y equipo especializado, de tamaño relativamente grande e incluye la utilización de insumos específicos del sector. Igualmente, es utilizado por el Ministerio de Transporte con el fin de involucrar a todas aquellas instituciones que ejecutan y controlan obras civiles en el país. Además de incluir un número importante de tipos de obras de infraestructura, ya que cada una de ellas demanda el empleo de insumos particulares. Este indicador se conforma únicamente con la canasta de insumos requeridos para la construcción de carreteras y puentes (Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE, 2020a).

- **Índice de Precios a la Producción (IPP)**

Es un indicador económico que presenta la variación promedio de precios de una canasta de bienes representativa de la producción nacional, con el fin

de analizar coyunturas y detectar canales de transmisión inflacionarios. Lo que permite estudiar el comportamiento de los precios de los productos desde el momento en el que ellos ingresan a los canales de comercialización. Este indicador tiene el propósito de medir los cambios en los precios de una canasta de bienes representativa de la oferta interna de la economía en la primera etapa de comercialización, que especifica la producción de Materiales de Construcción como indicativo de la dinámica del sector en la producción nacional (Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE, 2020b).

#### 4.2.3 Propuesta de implementación

Con el fin de establecer el impacto y relaciones de los factores externos con el sector de la construcción, se procede a reducir la cantidad de factores anteriormente expuestos a pocos con significancia, a través de la evaluación de la importancia de dichas actividades económicas mediante el análisis de componentes principales (PCA por sus siglas en inglés), el cual consiste en reducir la dimensionalidad de un conjunto de datos compuesto por un gran número de variables interrelacionadas, conservando al mismo tiempo y en la medida de lo posible, la variación presente en el conjunto de datos que confluyen en una gran cantidad de información.

De modo que este tipo de análisis permite depurar y determinar aquellos factores que más se correlacionan, transformándolos en un nuevo conjunto de variables que integran los componentes no correlacionados y su ordenamiento. Los primeros retienen la mayor parte de la variación presente en todas las variables originales (Jolliffe, 2010). Las herramientas utilizadas para



dichos análisis son los entornos y lenguaje de programación con un enfoque al análisis estadístico conocido como R, el cual es un software libre y útil para este enfoque metodológico. Además, se utilizarán las herramientas de digitación de textos para presentación de información resultante.

#### 4.2.4 Proceso de implementación

El análisis por PCA permite resumir y visualizar la información en un conjunto de datos que contiene observaciones descritas por múltiples variables cuantitativas interrelacionadas. Cada variable podría considerarse como una dimensión diferente, ya que cada una representa una propiedad o factor de comportamiento del sector de la construcción. Por lo tanto, el PCA se utiliza para extraer la información importante de una tabla de datos multivariados y para expresar esta información como un conjunto de pocas variables nuevas llamadas componentes principales.

Estas nuevas variables corresponden a una combinación lineal de las originales. El número de componentes principales es menor o igual que el número de variables originales. La información de un determinado conjunto de datos corresponde a la variación total que contiene. Entonces, el objetivo del PCA es identificar las direcciones (o componentes principales) a lo largo de las cuales la variación de los datos es máxima. En otras palabras, el PCA reduce la dimensionalidad de un dato multivariado a dos o tres componentes principales, que pueden ser visualizados gráficamente con una mínima pérdida de información (Jolliffe & Cadima, 2016; Jolliffe, 2010; Kassambara, 2017a).

El resultado final se observa en diagramas de dispersión cuantitativa de los factores evaluados. Los primeros componentes principales son convertidos a distancias en términos de similitud, permitiendo la realización de clústeres y patrones de interpretación, utilizando las correlaciones con las variables originales, estableciendo las similitudes entre el sector de la construcción como actividad económica y su impacto y relación en otras actividades de producción en Colombia.

### 4.3 Análisis de correlación

#### 4.3.1 Distancias euclídeas

Es una regla para establecer similitudes de comportamiento de variables o sus métricas. Se relaciona con el sistema de puntos con coordenadas de los PCA, que se ordenan en un conjunto o matriz para representar las similitudes y diferencias entre todos los factores, mediante distancias euclídeas para cada combinación de los mismos.

Posteriormente, es seleccionado el componente principal más significativo según el contexto e importancias en la identificación de factores relacionados con el sector de la construcción, junto con una función de distancia que conforma un conjunto llamado espacio euclidiano, como un caso especial de espacio métrico. Además, este espacio puede ser interpretado geométricamente, ya que la distancia de los puntos de un espacio cartesiano son el resultado que suelen representarse en dos o tres dimensiones en la mayoría de los casos (Borg, Groenen, & Mair, 2018; Pérez López, 2004).

La estimación de distancias euclídeas corresponde a todas las combinaciones de las coordenadas de las dimensiones o componentes principales, proporcionados por una matriz que permite evaluar correlaciones entre factores y reducción de variables, al integrar aquellas distancias nulas o poco significativas. Además, permite establecer una correspondencia máxima entre las proximidades de las coordenadas, al denotar la similitud de comportamiento. Contrariamente, hay poca correlación con altas distancias (Pérez López, 2004).

### 4.3.2 Matriz de correlación de Pearson

El coeficiente de correlación producto-momento de Pearson es una medida estadística del ímpetu de una relación lineal entre dos variables. Los valores positivos describen una correlación lineal cercana y valores negativos, una correlación lineal lejana. El valor de 0 establece que no hay correlación lineal y cuando los valores obtenidos se acercan al valor uno (1) o menos uno (-1), más fuerte será la correlación lineal (Chee, 2018). Este análisis permite el establecimiento de variables con mayor relación como parámetro de salida y elimina aquellos que de entrada están interrelacionados (Jayaweera & Aziz, 2018).

## 4.4 Análisis de validación

Los análisis centrados en el uso del PCA permiten cuantificar los patrones de abundancia de las especies covariantes dentro de los grupos que integran los IEAC. Además, el análisis arroja un vector de coeficientes que representa las correlaciones de la muestra entre las variables y cada componente. Estos vectores suelen denominarse cargas de componentes o factores

(Tabachnick & Fidell, 2013). Por lo anterior, se implementaron pruebas que evalúan estas varianzas para validar la pertinencia del PCA. Estas se describen a continuación:

#### 4.4.1 Prueba de esfericidad de Barlett

Es utilizada para determinar si las variables dependientes están significativamente correlacionadas mediante la prueba de hipótesis nula, comprobando si la matriz de identidad no se relaciona con la matriz de correlación, con base en la siguiente formulación:

- $H_0$ : la matriz de correlación es una matriz de identidad (el análisis factorial es inapropiado).
- $H_1$ : la matriz de correlación no es una matriz de identidad (el análisis factorial es apropiado).

Cuando la matriz de correlación es similar a la matriz de identidad significa que cada variable se correlaciona solo con ella misma. De esta manera, cuanto mayor sea el tamaño de la muestra, más probable es que esta prueba sea significativa. (Ayuni & Sari, 2018; Cramer & Howitt, 2004; Denis, 2020).

#### 4.4.2 Prueba de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO)

Representa la correlación cuadrada entre las variables desde cero (0) a uno (1) y puede calcularse para variables individuales o múltiples. Un valor de 0 indica que la suma de las correlaciones parciales es grande en relación con la suma de las correlaciones totales, indicando la propagación en las pautas implementadas en las correlaciones (es probable que el análisis factorial sea inapropiado). Un valor cercano a 1 indica que las

pautas de correlación son relativamente compactas y, en consecuencia, el análisis factorial debería dar lugar a factores distintos y fiables (Field, 2018; Wiesen, 2019).

## **4.5 Análisis de los factores macroeconómicos del sector de la construcción**

### **4.5.1 Análisis de indicadores macroeconómicos**

Los indicadores macroeconómicos hacen parte de las estadísticas que evalúan una actividad económica, permitiendo el análisis del desempeño económico junto con fenómenos externos evaluados en contexto. Los cuales permiten generar una visión en prospectiva y en similares sucesos. Como parte de estos indicadores se destaca el PIB desde varios enfoques y el VAC como parte de la producción que genera a nivel global el sector de la construcción, los cuales se analizan a continuación.

#### *4.5.1.1 Análisis de la producción nacional*

El análisis del PIB desde un enfoque de producción (Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE, 2019d) se constituye por las doce principales ramas de la actividad económica, definidas por el DANE como aquellas actividades intervinientes en la creación de bienes y servicios destinados a satisfacer directa o indirectamente las necesidades humanas. La revisión de la productividad por estas actividades en los últimos quince años se expone en la Figura 14. Lo anterior brinda un panorama global del desempeño de estos sectores, junto con el impacto de fenómenos externos, su incidencia en la economía y en el desempeño organizacional.

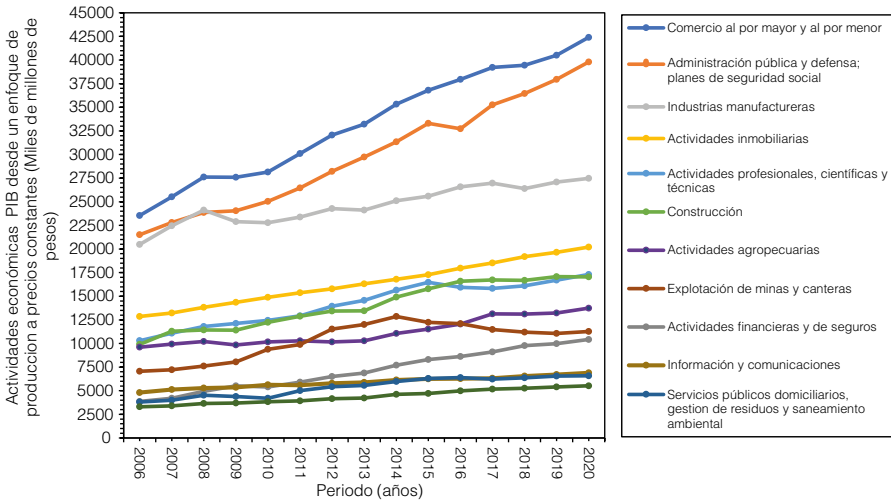


Figura 14. Valor agregado por actividad económica según las secciones CIU Rev.4-A.C. 12 agrupaciones.

Fuente: elaboración propia a partir de datos del DANE.

En general, los principales indicadores de la economía colombiana son el comercio al por mayor y al por menor, la administración pública y la industria de manufactura (G+H+I). Estas tres agrupaciones generan aproximadamente el 55% de la producción bruta colombiana, evaluándose mediante el coeficiente de determinación ( $R^2$ ), el cual se interpreta como la proporción de la variación total en la evaluación de las variables dependientes respecto a su media, explicada por el modelo de regresión lineal, donde valores de  $R^2$  iguales a 1 significan un ajuste lineal perfecto. Una correlación no lineal se toma cuando los valores de  $R^2$  son menores a 0,9 y el valor 0 indica la no representatividad del modelo lineal, suponiendo que el modelo no explica los cambios de la variable dependiente (Martínez Rodríguez, 2005).

18,8% y una tasa de crecimiento aproximada de 1339,92 millones de pesos anuales, mediante el indicador de correlación lineal  $R^2$ , equivalente a 0,98. El segundo lugar lo ocupa la administración pública, defensa, planes de seguridad social, educación, actividades de atención de la salud humana y servicios sociales (O+P+Q) con el 16,9% a finales de 2019 y un crecimiento lineal de 1306,9 millones de pesos por año ( $R^2=0,98$ ). En tercer lugar, se encuentra la industria manufacturera con el 13,9% de la producción total en el país, en el 2019, denotando mucha variabilidad ( $R^2=0,89$ ).

Consiguientemente, las actividades inmobiliarias se mantienen en una cuarta posición, con un 9,27% de participación y un crecimiento constante de \$527,7 miles de millones de pesos por año ( $R^2=0,99$ ); cercanas entre sí se encuentran las actividades profesionales, científicas y técnicas con 8,0% de participación en 2019. El sector de la construcción ha ocupado el quinto lugar en producción y su comportamiento tiende a ser constante con un crecimiento aproximado de \$567,5 miles de millones de pesos por año (aproximadamente 162 millones de dólares) en concordancia con los demás sectores que conforman la economía colombiana.

Las actividades agropecuarias de agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca aportan un 5,83% de la producción total. No obstante, este sector ha tenido un comportamiento variable en los últimos 15 años observándose en un crecimiento poco constante, el cual se estima en \$ 350,5 miles de millones de pesos por año ( $R^2= 0,88$ ). Subsiguientemente, las actividades relacionadas con explotación de minas y canteras aportan un 5,11% de la producción total a finales del 2019. No obstante, este sector ha aportado ingresos netos de hasta el 1,4% al Producto Interno Bruto (PIB), resultado de

los dividendos en su exportación (Guzmán-Finol & Estrada, 2016; Marina & Arévalo, 2015; Restrepo, 2017). Sin embargo, al compararse con un modelo lineal, el comportamiento de este sector no es constante en los últimos 15 años y es la actividad económica con mayor variabilidad, estimada en una tasa anual de \$350,5 miles de millones de pesos por año ( $R^2=0.62$ ).

Asimismo, las actividades financieras y de seguros han aportado el 2,95%. No obstante, a diferencia de las anteriores actividades económicas, su crecimiento ha sido constante en los últimos 15 años aportando \$481,14 miles de millones de pesos por año ( $R^2=0.99$ ), mayor que el crecimiento de las actividades inmobiliarias. Por último, las actividades relacionadas con información y comunicaciones, aportan 3,37% al PIB; las actividades de servicios públicos domiciliarios, gestión de residuos, saneamiento ambiental aportaron el 3,05%; y las actividades artísticas, entretenimiento, recreación y otras un 2,47%. Estas actividades se han mantenido constantes, con tasas de producción anuales de 135,85 miles de millones de pesos por año ( $R^2=0,98$ ), \$218,4 miles de millones de pesos por año ( $R^2=0,92$ ) y 167,6 miles de millones de pesos por año ( $R^2=0,98$ ), respectivamente. Desde otras perspectivas, la Figura 15 expone el porcentaje de participación de estos sectores económicos alrededor de la producción total.



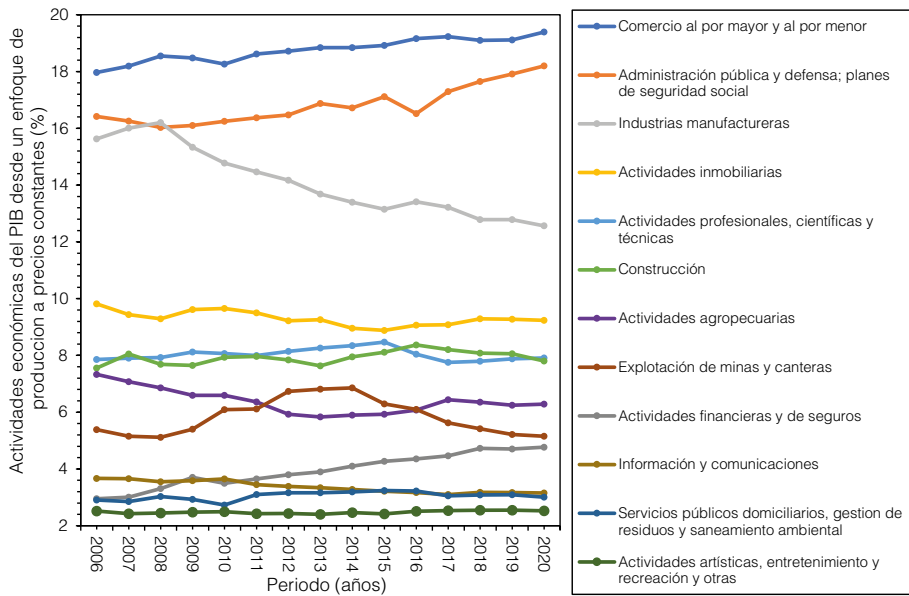


Figura 15. Porcentaje de participación del PIB de un enfoque de producción según CIU Rev. 4 A.C. 12 agrupaciones.

Fuente: elaboración propia a partir de datos del DANE.

En general, todas las actividades económicas han crecido en los últimos 15 años, algunas de manera constante como las actividades con mayor producción en el país. No obstante, su crecimiento y participación en la producción nacional han fluctuado dado el involucramiento con otras economías, cambio de políticas económicas por gobiernos de turno, entre otras. En la Figura 14 y la Figura 15 se observan periodos destacados, el primero a inicio del 2008, el cual se relaciona con la crisis financiera internacional o “Gran Recesión”.

El impacto económico generado en Colombia se observa claramente a inicios del 2008, registrando una inesperada caída del PIB (-2,5%) mayor a 5 puntos en comparación con el PIB registrado en 2007 (7,5%), superando los pronósticos establecidos y la caída en los

sectores productivos tradicionales, deterioro del mercado laboral y el complejo panorama internacional anteriormente expuesto (Mesa C. & Aguirre B., 2008).

Es clara la disminución de participación de la industria manufacturera en la economía, la cual crecía sostenidamente hasta la crisis del 2008, cuando la producción industrial cayó y desde ese entonces su recuperación ha sido débil. Este comportamiento fue generado por la crisis financiera mundial y el cierre del comercio con Venezuela. Además, en este periodo el comercio internacional cayó sustancialmente y su reciente crecimiento se ha registrado a tasas menores que las registradas antes de esta crisis. Sin embargo, aporta al PIB el tercer mayor crecimiento por actividad económica (Uribe, 2014).

Paralelamente, la Figura 14 y la Figura 15 exponen que las mayores variaciones en las actividades de producción se relacionan con la explotación en minas y canteras, influenciadas a su vez con el mercado global. El cual ha impactado la economía colombiana a partir del 2014, generando variaciones en la economía mundial, alta volatilidad en los mercados y disminución del crecimiento económico (International Monetary Fund (IMF), 2019b; World Bank Group, 2019a). Esto ha endurecido y reducido las condiciones financieras, debilitando el estímulo fiscal, el cual sostiene la inversión, construcción de obras civiles y ha impactado la industria manufacturera, entre otros sectores de la economía (Investigaciones Económicas Corficolombiana, 2019; World Bank Group, 2019a).

En Colombia se observa claramente que a inicios del 2008 (Figura 14 y Figura 15), el sector de la construcción varió en 14%, superando los pronósticos

establecidos. Esta relación causal se puede configurar como consecuencia de la caída en los sectores productivos tradicionales y deterioro del mercado laboral, exponiendo que este sector fue el de mayor propensión, dadas sus características particulares (inestabilidad laboral, variabilidad de capacidades económicas, capacidades en su gestión, etc.) y su alta dependencia del sector público (Mesa C. et al., 2008).

Sin embargo, y gracias a esta dependencia, el sector se recuperó rápidamente dada la capacidad de inversión que contaba el país, a causa de la capacidad institucional para amortiguar créditos de vivienda y el impulso de economías basadas en la extracción de materias primas (Zuleta, 2018). Así, las variaciones del sector inmobiliario fueron mínimas. De manera global, la variación de las principales actividades económicas en los últimos 15 años se observa en la Figura 16.

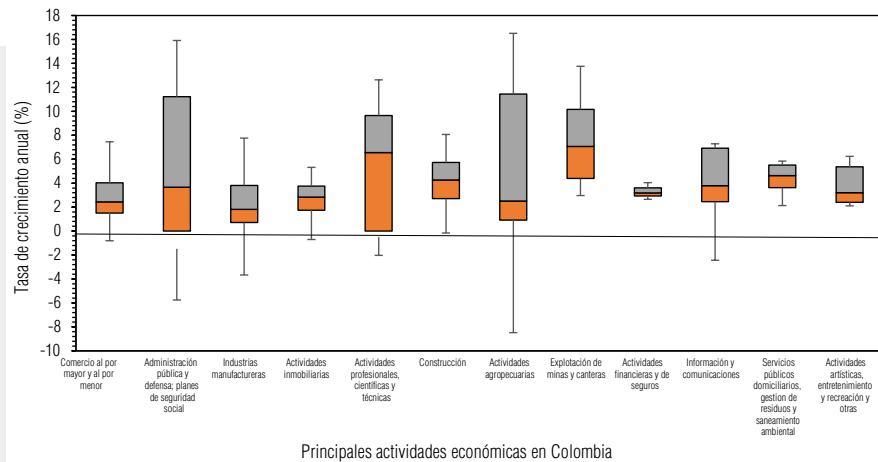


Figura 16. Diagrama de bigotes de las variaciones en producción de las principales ramas de la economía colombiana en el periodo 2005-2019.

Fuente: elaboración propia a partir de datos del DANE.

Conforme lo establece la Figura 16, es posible identificar algunos comportamientos relacionados con la producción, que conforman las principales ramas de la economía colombiana. Las cuales no son homogéneas y algunas como las actividades que menos recursos aportan a la producción nacional han tendido a proporcionar valores constantes, a diferencia de las actividades agropecuarias. Estas últimas han tendido a la variación en mayor proporción que otras actividades económicas. Esto puede ser explicado de forma genérica por las variables políticas de fomento al agro, junto con la inestabilidad en el empleo, dada la gran cantidad de trabajo informal y baja calidad. Además, impacta a este sector la poca tecnificación, generando ingresos y producciones volubles, precarios y aumento en los niveles de pobreza. Otras actividades como las científicas y profesionales, relacionadas con el aparato empresarial pymes, tienden a estar por debajo de la media.

Por otra parte, las actividades estatales, al igual que las actividades profesionales, tienen una alta variabilidad y su producción se sitúa por encima de la media, relacionándose con la mayor destinación de recursos públicos a las ramas del Estado, como consecuencia de mayores ingresos y políticas de desarrollo.

- **Componentes principales del PIB desde un enfoque de producción**

Del conjunto de datos que componen el análisis del periodo 2005-2019, mediante el análisis de componentes principales se obtuvieron 12 dimensiones; sin embargo, es necesario analizar los primeros resultados (Dimensión uno) y encontrar patrones de interés, mediante la evaluación de los valores propios, los

cuales miden la cantidad de variación que vuelve a contener cada componente principal, estos se exponen en la Tabla 9.

Tabla 9. Valores propios de los componentes principales de los factores PIB producción.

Valores propios	Dim. 1	Dim. 2	Dim. 3	Dim. 4	Dim. 5	Dim. 6	Dim. 7	Dim. 8	Dim. 9	Dim. 10	Dim. 11	Dim. 12
<b>Varianza</b>	11.30	0.51	0.08	0.04	0.03	0.01	0.012	0.005	0.002	0.001	0.001	0.000
<b>Varianza (%)</b>	94.20	4.29	0.69	0.30	0.24	0.11	0.10	0.04	0.02	0.01	0.006	0.001
<b>Varianza acumulada (%)</b>	94.20	98.49	99.18	99.48	99.72	99.83	99.92	99.97	99.98	99.9	100	100

Fuente: elaboración propia.

Los valores propios son grandes para los primeros PC (dimensión uno) y corresponden a las direcciones con la máxima cantidad de variación en el conjunto de datos. Además, estos son pequeños para los PC siguientes (dimensión dos en adelante). Al examinar los valores propios, es posible determinar el número de componentes principales a considerar, estableciendo que dimensiones menores a 1 no son significativas, lo cual se muestra con mayor detalle en la Figura 17 y la Figura 18.

La proporción de variación explicada por cada valor propio se indica en el primer valor de los porcentajes de participación, correspondiente al 94,2% en el primer PC. El porcentaje acumulado se obtiene sumando las sucesivas proporciones de la variación hasta obtener el total del porcentaje del mismo. Así, alrededor del 98,5% de la variación es explicado por las dos primeras dimensiones.

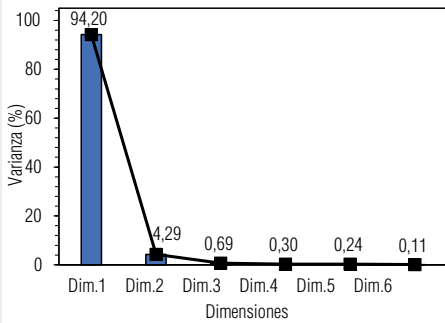


Figura 17. Porcentaje de varianzas de componentes principales de PIB producción.  
Fuente: elaboración propia.

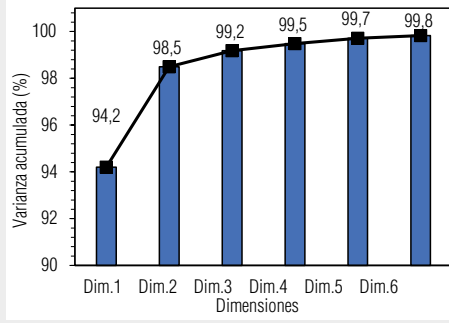


Figura 18. Varianza acumulada de componentes principales para PIB producción.

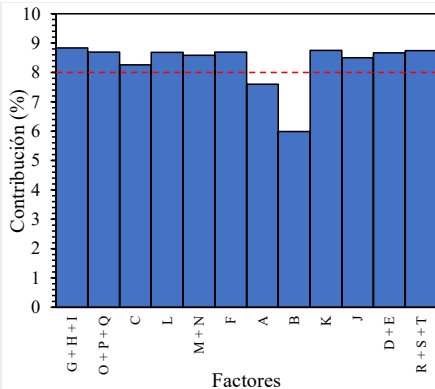


Figura 19. Contribución de factores que componen el PIB producción, dimensión uno.  
Fuente: elaboración propia.

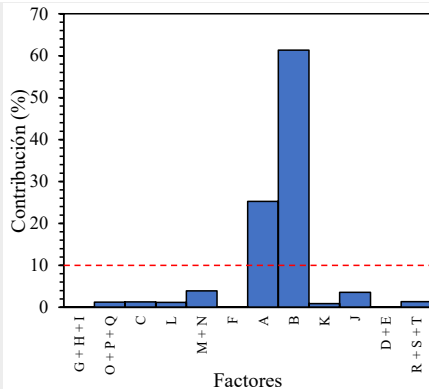


Figura 20. Contribución de los factores que componen el PIB producción, dimensión dos.

Asimismo, las contribuciones para explicar la variabilidad en un determinado componente principal o factor se expresan en porcentaje, donde las variables que se correlacionan con PC1 (dimensión uno o Dim.1) son las de mayor importancia para explicar la variabilidad en el conjunto de datos. Las variables que no se correla-

cionan con ningún PC o con las últimas dimensiones son variables con una contribución baja y podrían eliminarse para simplificar el análisis general. La contribución de las variables en la dimensión uno y dos se exponen en la Figura 19 y la Figura 20.

La Figura 19 y la Figura 20 relacionan las variaciones de los sectores económicos que conforman el PIB desde un enfoque de producción. En la dimensión uno, las contribuciones son similares con valores menores al 8%. No obstante, las actividades mineras (clasificación CIIU=B) y actividades agropecuarias (Clasificación CIIU=A) contribuyen con menor significancia (entre un 7,5% y 6,5%), las cuales se diferencian de los demás sectores económicos, gracias a sus variaciones en el rango 2005-2019, expuesto con anterioridad.

Además, estos dos factores contribuyen entre el 30% al 60%, a diferencia de los factores restantes (menos de un 10% de contribución) en la dimensión dos. Sin embargo, la varianza en la dimensión dos es poco significativa (0.51), en contraste con una visión práctica, la cual tiende a evaluar los primeros componentes principales para encontrar patrones de interés en los datos (Kassambara, 2017b). La contribución de las actividades A y B, junto con los demás sectores de la economía, están representados en el sistema de coordenadas X-Y, según se ilustra en la Figura 21.

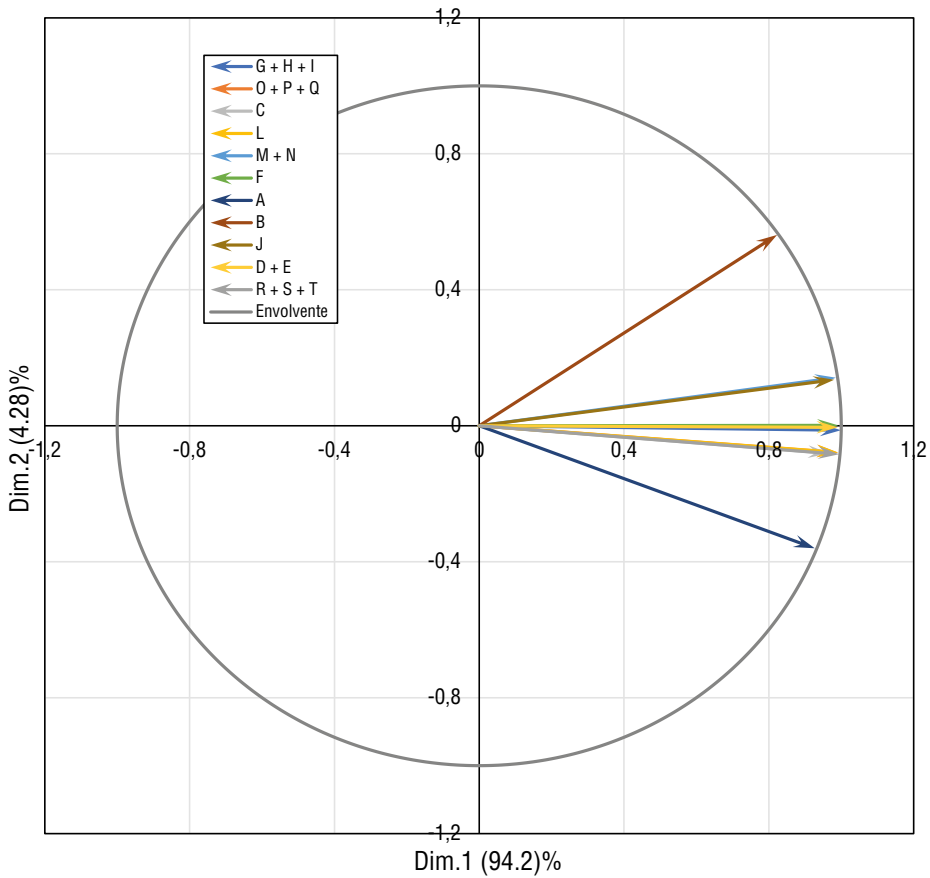


Figura 21. Correlación variable de los factores que componen el PIB producción según clasificación CIIU 4 rev.

Fuente: elaboración propia.

El gráfico de correlación muestra las relaciones entre todos los factores que componen el PIB desde un enfoque de producción, donde las variables con correlación positiva se agrupan (todos los factores). Las variables A y B se alejan con poca significancia de los factores restantes en correlación con su aporte en el PC1 y PC2. La distancia entre las variables y el origen mide la calidad de las variables en el mapa de factores, las cuales son similares.



#### 4.5.1.2 Análisis de los gastos nacionales

Los gastos finales generados por consumidores e instituciones dentro del territorio nacional se desglosan en diferentes clasificaciones internacionales y son homologadas por el DANE, como se explica en el capítulo 4.2.1. Esta discriminación involucra el consumo de hogares, instituciones sin ánimo de lucro, la inversión de empresas y familias, el gasto en consumo final del sector público y las exportaciones e importaciones. Esto permitió identificar el impacto del consumo interno en la evolución económica del país en un periodo de 15 años, en función de los cambios generados por fenómenos globales e internos. Estos resultados se exponen en la Figura 22.

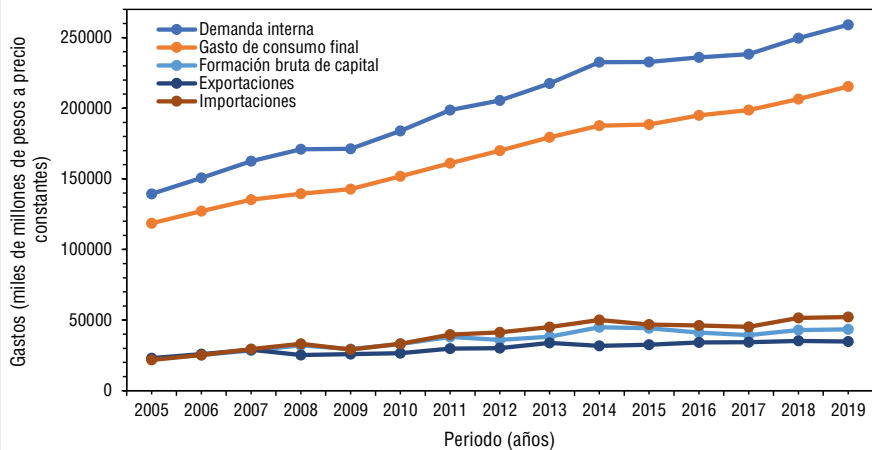


Figura 22. Desglose del PIB desde un enfoque de gastos en el periodo 2005-2019.

Fuente: elaboración propia a partir de datos del DANE.

Al igual que el desglose de los fenómenos en la variación de la producción nacional, la gran recesión mundial en el 2008 y la caída de los precios internacionales en el 2014 tuvieron un impacto negativo sobre los ingresos de la Nación, reflejado en el aumento del

déficit y la deuda del gobierno, debido al sustento fiscal producto del aumento de las rentas petroleras, alcanzando el 20% de las rentas de la Nación en el 2013; como resultado de la disminución de los precios internacionales del crudo que se redujo drásticamente en los años 2015 y 2016 (Melo Becerra, 2017).

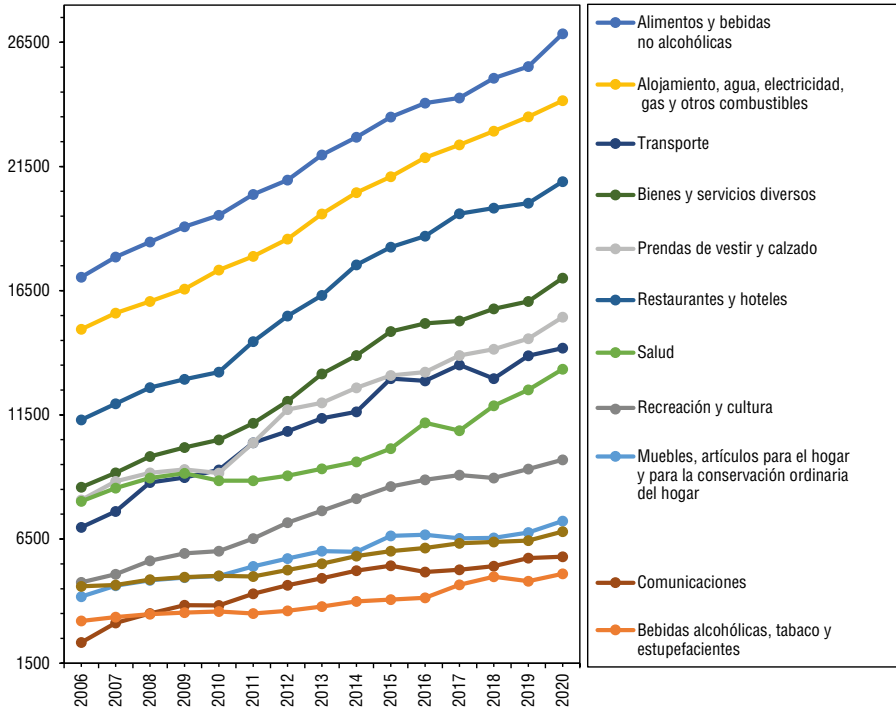


Figura 23. Gasto de consumo final de los hogares en un periodo (2006-2020).

Fuente: elaboración propia a partir de datos del DANE.

Para aliviar el impacto de estas políticas, se adoptaron algunas medidas tributarias en 2014 y 2016 y se moderó el crecimiento del gasto, lo cual se observa en la Figura 22, con el cambio de relación gastos/periodo. Si bien estas medidas permitieron manejar la situación fiscal, el impacto en la construcción es evidente, dada

la naturaleza dependiente de las políticas públicas de inversión, las cuales incluyen la formación bruta de capital que realiza el Estado (usualmente en forma de proyectos de infraestructura) (Espitia et al., 2018). Lo anterior se suma a la presión recurrente del gasto y las dificultades del Estado para aumentar de manera apreciable la carga impositiva. Así, estos cambios evidencian poca variación en los gastos de consumo final en los hogares, desglosados en la Figura 23.

Los gastos esenciales y básicos se mantienen constantes (de alimentación, alojamiento y servicios básicos) y son los de mayor cuantía, seguido por los de transporte, que se conciben como un gasto esencial y diferenciado, dada la intervención estatal para el acceso a diferentes modos de transporte, junto con el logro de la sostenibilidad financiera de estos sistemas. Los cuales son difíciles de alcanzar simultáneamente, dados los grandes requerimientos en subsidios para que las tarifas sean asequibles en las personas de escasos recursos (Rivas, Serebrisky, & Suárez-Alemán, 2019; Rodríguez & Peralta, 2016). Otros gastos se mantienen constantes en diferente proporción. Sin embargo, los relacionados con prendas de vestir y calzado han variado considerablemente, aumentando su gasto a partir del 2010. No obstante, la industria manufacturera en el país ha decrecido, influyendo en la importación de este tipo de materiales para suplir el aumento en la demanda, afectando la oferta nacional.

Comúnmente, los gastos de consumo, a excepción del transporte y salud (subsidiados en parte por el aparato estatal), no exponen grandes variaciones. Es usual en las economías de mercado como la colombiana, en la cual existe una alta propensión al consumo, principalmente de bienes importados. Asimismo, el PIB

representa el resultado final de la actividad productiva de las unidades de producción residentes, dividida en tres sectores económicos: extracción, manufactura y servicios. Esta última corresponde al sector de mayor crecimiento. Para algunos investigadores como Sarmiento Anzola (2020), esta dinámica es desproporcionada.

El crecimiento continuo del gasto engloba las actividades relacionadas con los servicios no productores o transformadores de bienes materiales. Los cuales incluyen subsectores como comercio, comunicaciones, finanzas, turismo, hotelería, restaurantes, cultura, la administración pública, fuerzas armadas y policía, y los denominados servicios públicos (salud, educación, programas sociales), entre otros.

Desde la visión de la formación bruta de capital fijo, entendida como los gastos en edificación, equipamiento, de transporte y determinados tipos de propiedad intelectual de una economía determinada (Urduñeta Montiel, Prieto Pulido, & Hernández Ariza, 2017), se destina una parte de la producción como capital, utilizado como medida de la inversión neta bruta (adquisiciones menos enajenaciones) en activos de capital fijo por empresas, gobierno y hogares dentro de la economía nacional. Estos gastos pueden ser formulados mediante el concepto de bien público. Los cuales no son ofrecidos por el mercado, debido a la inexistencia de una forma práctica de recaudo por su uso y se caracterizan por la obligatoria inclusión de su consumo a todos los individuos (principio de no exclusión) y su irreductibilidad en el consumo de otro individuo. Lo anterior hace que el costo marginal de agregar otro consumidor sea cero (principio de no rivalidad). Como ejemplo, estos gastos se han enfocado en la construc-

ción de infraestructura física de carreteras, puertos y aeropuertos (Melo Becerra, 2017). La Figura 24 expone la formación bruta de capital fijo en Colombia.

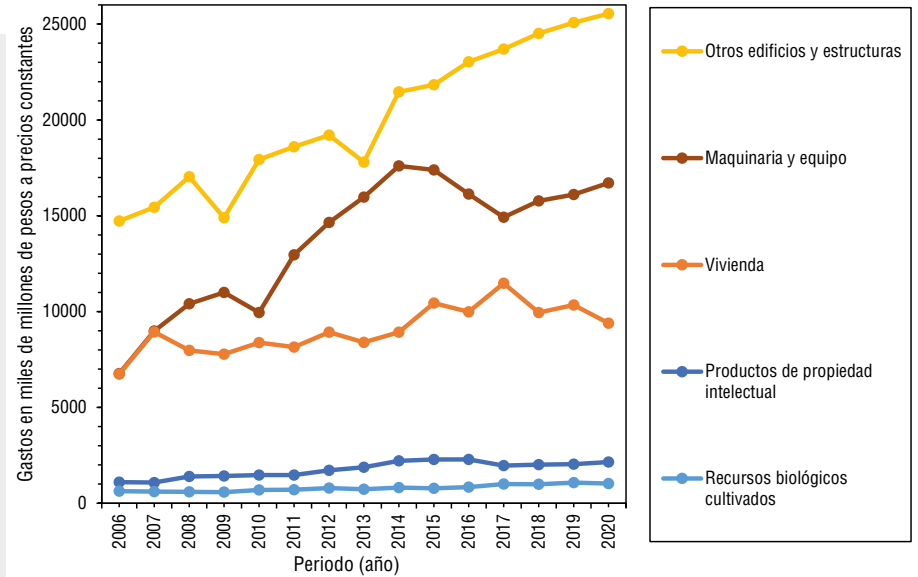


Figura 24. Gastos generados por la formación bruta de capital fijo en Colombia.

Fuente: elaboración propia a partir de datos del DANE.

La Figura 24 relaciona actividades del sector de la construcción que representan el gasto de inversión en el sector público para construir infraestructura, ya que esta necesidad se refleja en el rezago que tiene el país con los bienes de capital fijo (carreteras, ferrocarriles, puentes, edificaciones públicas, etc.). Esto se observa en la infraestructura de transporte, considerada como uno de los principales cuellos de botella para la competitividad del país. Estas falencias son nocivas para la industria, el agro, el comercio y demás sectores que conforman el aparato productivo, ya que reduce los flujos de comercio interno y externo. Además, dadas las condiciones de efectividad/costos, al implantar masivamente el transporte por carretera, se concentra

más del 70% del transporte de carga. Por esta razón, los gastos ocasionados son asumidos por los consumidores, en coherencia con el gasto del transporte en Colombia (Clavijo et al., 2014).

Sumadas a las anteriores condiciones, la propensión de la inversión y gastos de formación bruta de capital fijo han dependido de las condiciones económicas externas, dadas las políticas de exportación de recursos no renovables que han generado una variabilidad importante en su inversión. Estos cambios se observan por el desglose de los activos fijos en la Figura 25.

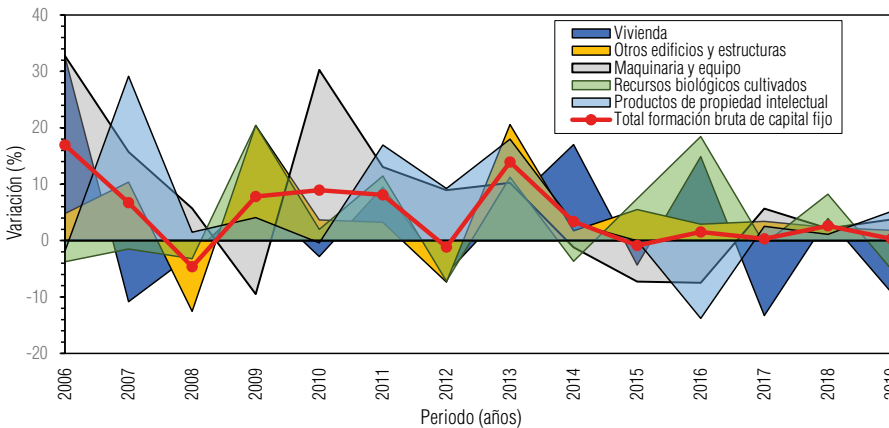


Figura 25. Variaciones anuales de los gastos por formación bruta de capital fijo.

Fuente: elaboración propia a partir de datos del DANE.

- **Componentes principales del PIB desde un enfoque de gastos**

Del conjunto de datos que componen el análisis del PIB desde un enfoque de gastos en el periodo 2005-2020, mediante la realización del PCA, se evalúa la cantidad de variaciones contenidas en cada PC, estos se exponen en la Tabla 10.

Tabla 10. Valores propios de los componentes principales de los factores PIB gastos.

Valores propios	Dim. 1	Dim. 2	Dim. 3	Dim. 4	Dim. 5	Dim. 6	Dim. 7	Dim. 8	Dim. 9	Dim. 10	Dim. 11	Dim. 12	Dim. 13	Dim. 14
<b>Varianza</b>	24.33	0.8	0.37	0.16	0.1	0.08	0.05	0.04	0.03	0.02	0.01	0.007	0.003	0.002
<b>Varianza (%)</b>	93.57	3.07	1.41	0.61	0.39	0.30	0.19	0.15	0.10	0.083	0.04	0.028	0.013	0.006
<b>Varianza acumulada (%)</b>	93.5	96.6	98.07	98.68	99.07	99.37	99.57	99.72	99.82	99.91	99.95	99.982	99.9	100

Fuente: elaboración propia.

Las cuantías de los valores propios son grandes para los primeros PC, este se concentra en la primera dimensión, estableciendo que las dimensiones con valores propios menores a 1 no son significativas. Lo cual se ilustra con mayor detalle en la Figura 26 y la Figura 27.

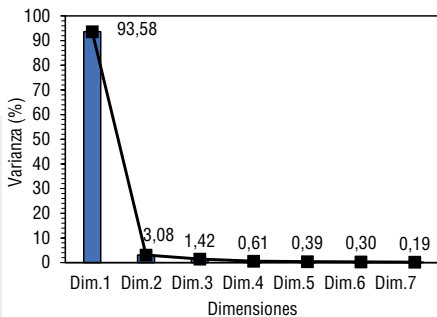


Figura 26. Porcentaje de las varianzas de los componentes principales para PIB gastos.

Fuente: elaboración propia.

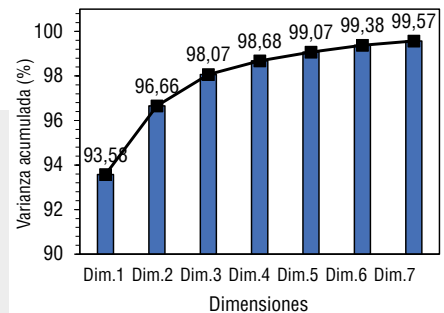


Figura 27. Varianza acumulada de los componentes principales para PIB gastos.

Al igual que los valores obtenidos en los PC del PIB de producción, las variaciones explicadas por cada valor propio se indican en el primer valor de los porcentajes de participación, concentrados en la dimensión uno (Dim. 1 o PC1), correspondiente al 93,5% de la variación del primer valor propio. El porcentaje acumulado en las tres primeras dimensiones con el 98,1% expone la poca significancia de las dimensiones restantes.

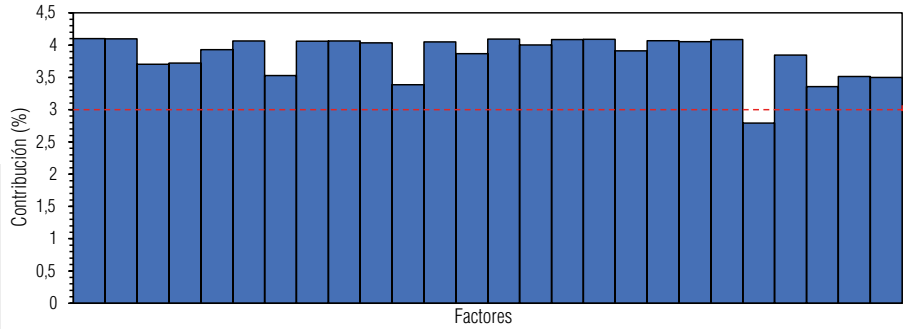


Figura 28. Contribución de los factores que componen el PIB gastos en la dimensión uno.  
Fuente: elaboración propia.

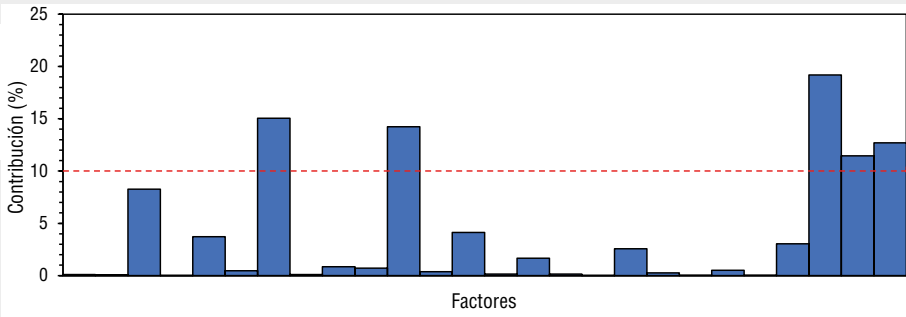


Figura 29. Contribución de los factores que componen el PIB gastos en la dimensión dos.  
Fuente: elaboración propia.

Asimismo, las contribuciones y su variabilidad en los PC de la dimensión uno son semejantes, a excepción de aquellos factores que contribuyen con mayor cantidad en la dimensión dos con una variación de 0,8. Al igual que en las dimensiones restantes, las cuales no son significativas y es posible eliminarlas para simplificar el análisis general. La contribución de las variables en la dimensión uno y dos se exponen en la Figura 28 y la Figura 29.



La contribución de los factores que componen el PIB desde un enfoque de gastos son representados en el sistema de coordenadas X-Y, ilustrado en la Figura 30.

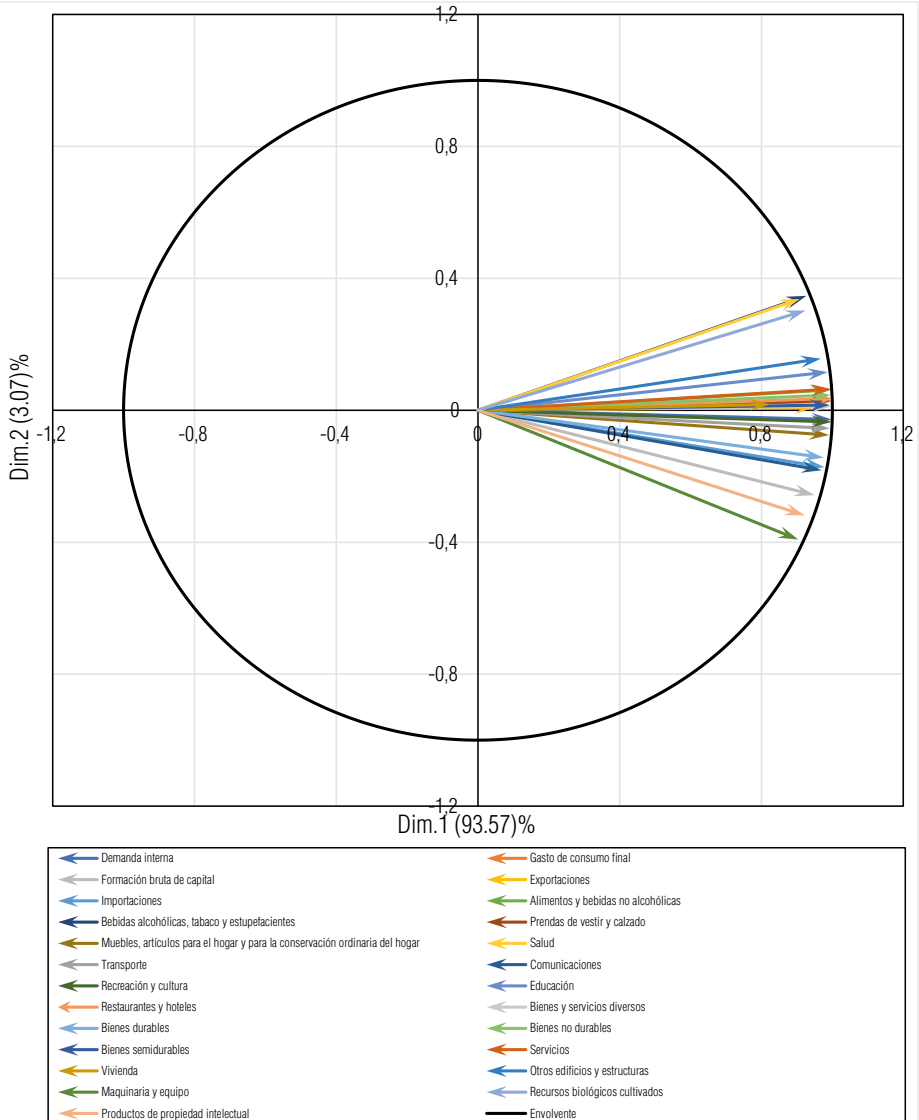


Figura 30. Correlación variable de los factores que componen el PIB de gastos.

Fuente: elaboración propia.

La Figura 30 expone la similitud de los vectores correspondientes a los factores dentro de un sector muy estrecho, exponiendo una gran correlación, donde el ordenamiento de los vectores corresponde casi exactamente a un mismo comportamiento (Jolliffe, 2010).

#### 4.5.1.3 Valor agregado del sector de la construcción (VAC)

El sector de construcción tiende a ser voluble, dada su naturaleza, manifestada en la variedad y amplitud de proyectos en términos de especialidad, tamaño, infraestructura, capacidad económica, su accionar limitado en el tiempo, soportada en una mano de obra y una alta dependencia del sector público. Este último se ha sustentado, en gran parte, por los dividendos generados en la producción y exportación de combustibles fósiles (Ríos-Ocampo & Olaya, 2017).

El sector es sensible al cambio de políticas internas, el desempeño en la demanda y problemáticas en la ejecución de proyectos. Estas problemáticas han influido en la desaceleración del sector desde mediados del 2016 e inicios del 2017. En estos periodos, el sector registró una contracción anual de -7,4% (Cámara Colombiana de la Construcción (CAMACOL), 2019b; Departamento de Estudios Económicos y Técnicos, 2017b), relacionada con la variación del dólar, que afectó los costos de materias primas y repercutió en los precios de vivienda y la tasas de interés. Como consecuencia, se produjeron problemas de inversión, retrasos en la elaboración y finalización de proyectos, el aumento inesperado del nivel de endeudamiento y retrasos en las entregas; e impactó directamente el Índice de Costo de Vivienda (ICV) y en la reducción de su demanda (Dalia, Rodríguez, & Cárdenas, 2016).

Por lo anterior, el sector de la construcción ha experimentado variaciones de desarrollo notables que lo han mantenido en un crecimiento moderado, producto de los cambios y tendencias de producción en los subsectores que lo conforman. Por lo tanto, la inversión estatal ha sostenido exclusivamente la construcción de carreteras, vías de ferrocarril, obras civiles y actividades especializadas, las cuales han crecido constantemente hasta superar la construcción de edificaciones. Esta última tradicionalmente encabezaba la producción en el sector, sustentada principalmente por el sector privado y la demanda comercial (Moreno, Robayo, & Castro, 2014). Así, existe una oferta en el sector de construcción de vías y obras civiles mayor que la oferta en construcción de edificaciones.

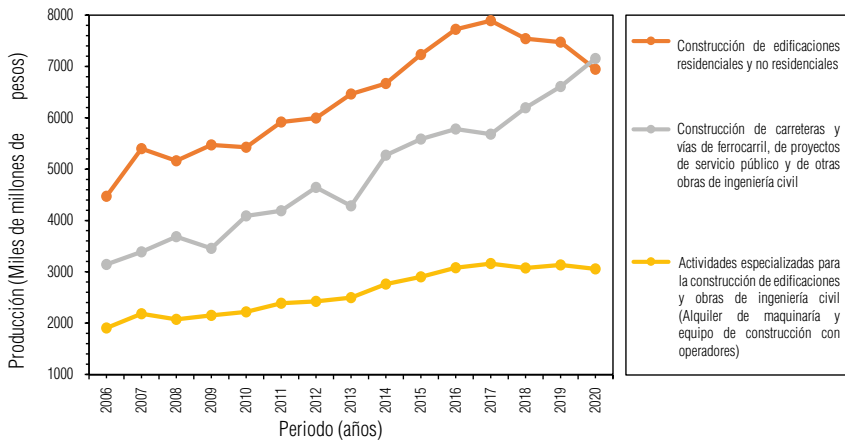


Figura 31. Producción de los subsectores del sector de la construcción.

Fuente: elaboración propia a partir de datos del DANE.

En razón de esto, se tiende a la adaptación de empresas y la migración de proyectos a formular, debido al incremento de inversión en proyectos de infraestructura civil, los cuales requieren mayor cantidad de recursos, por la presencia de economías de escala y alcance (de

Jorge Moreno et al, 2014). Este fenómeno se observa en la Figura 31, donde se expone la participación histórica de producción de los subsectores del sector de la construcción.

Por ende, existe la tendencia de invertir en obras civiles con el fin de reactivar la economía. Estos cambios en las dinámicas del sector se observan en la Figura 31, que expone un incremento de hasta 23% en el 2014, auge de producción y exportación de combustibles fósiles. Contrariamente, se observa una reducción significativa posterior al 2015 como consecuencia de la caída de los precios del petróleo, junto con la parálisis de obras causadas por el escándalo Odebrecht (Guzmán, 2018). Estos dos fenómenos golpean la inversión pública y generan una disminución temporal en el crecimiento del sector. Del mismo modo el subsector de edificaciones ha reducido su producción de manera constante a partir del 2016, reduciendo su producción a un 12%. Así, en los últimos años, el desempeño del sector se ha reducido, sin embargo, como parte de la estrecha relación con la inversión pública, la construcción de obras civiles de carreteras es de nuevo reiniciada, observándose este cambio en un incremento en la variación anual de obras civiles como medidas para mitigar las tendencias bajistas en el sector de la construcción, como se observa en la Figura 32.

Sin embargo, en el 2019, se observó una caída de 1,5%, causada principalmente por el descenso del 7,0% en el subsector de edificaciones, el cual no es compensado por el crecimiento de un 8,8% de obras civiles. La pobre dinámica del subsector de edificaciones desde 2016 se configura como un lastre del crecimiento de la construcción, exhibiendo un deterioro significativo a partir del mismo año. Por lo tanto, es altamente pro-

bable que el subsector edificador continúe registrando variaciones anuales negativas, dado que los fenómenos externos que propiciaron una disminución en la producción nacional como la reducción de divisas en las exportaciones de hidrocarburos, aumento del dólar y altas tasas de interés continúan. De este modo, la producción de obras de ingeniería civil presentan una recuperación lenta (Corficolombiana, 2019b). Por consiguiente, las empresas dedicadas a la formulación y ejecución de proyectos deben vislumbrar estas dinámicas, con el fin de adaptarse y buscar metodologías que permitan configurar mejores oportunidades ante las coyunturas encontradas en otros subsectores de la construcción.

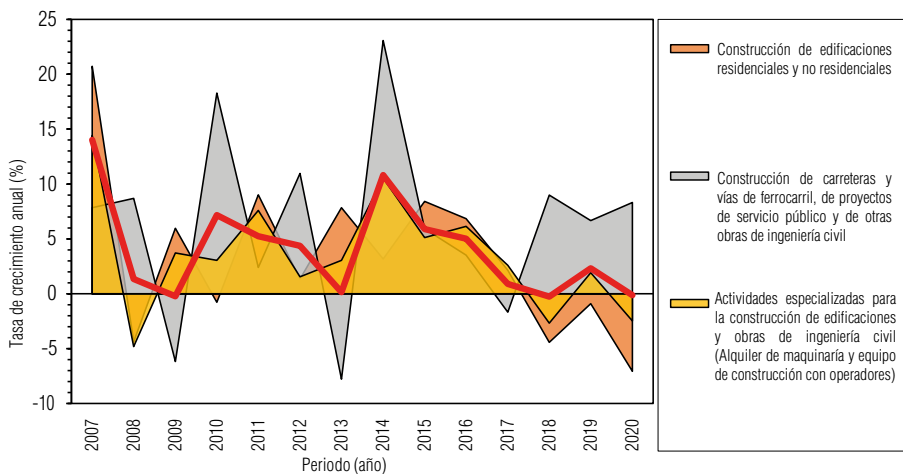


Figura 32. Variaciones anuales de la construcción y sus subsectores.  
Fuente: elaboración propia a partir de datos del DANE.

### • Componentes principales del VAC

Al evaluar los tres subsectores que componen el sector de la construcción en el periodo 2005-2020, mediante el análisis de componentes principales, la varianza se

muestra poco significativa y el resultado se expone en tres dimensiones o componentes principales en orden de importancia, los cuales se ilustran en la Tabla 11.

Tabla 11. Valores propios de los componentes principales de los factores que componen el subsector de la construcción.

Valores propios	Dim.1	Dim.2	Dim.3
<b>Varianza</b>	2.874	0.123	0.003
<b>Varianza (%)</b>	95.795	4.098	0.107
<b>Varianza acumulada (%)</b>	95.795	99.893	100

Fuente: elaboración propia.

La dimensión uno expone una varianza poco significativa, sin embargo, mayor a 1 (2,8), concentrándose en la primera dimensión. Las otras dimensiones se desprecian al considerar que los valores propios menores a 1 no son significativos. Lo cual se muestra con mayor detalle en la Figura 33 y la Figura 34.

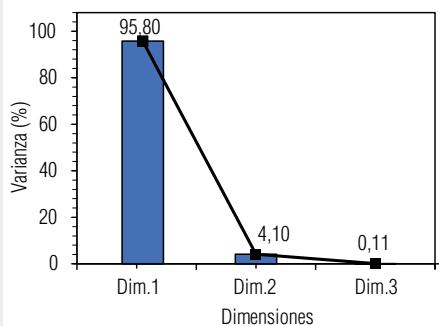


Figura 33. Porcentaje de las varianzas de los componentes principales PIB gastos.

Fuente: elaboración propia.

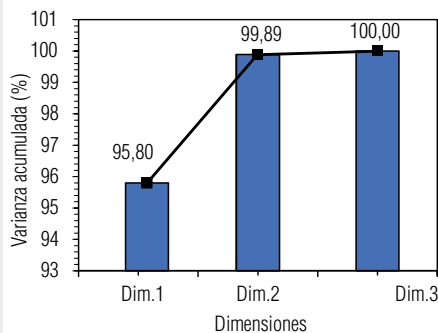


Figura 34. Varianza acumulada de los componentes principales PIB gastos.

La proporción de variación definida por cada valor propio indica que el primer valor de los porcentajes de participación correspondiente al 95,8% de la va-

rianza y el porcentaje acumulado en las dos primeras dimensiones abarca el 99,9%. Sin embargo, la varianza en la dimensión dos corresponde a 0,1. Lo cual es poco significativo y denota que esta dimensión tiene una baja contribución, por lo cual podría eliminarse para simplificar el análisis general. La contribución de las variables en la dimensión uno y dos se expone en la Figura 35 y la Figura 36.

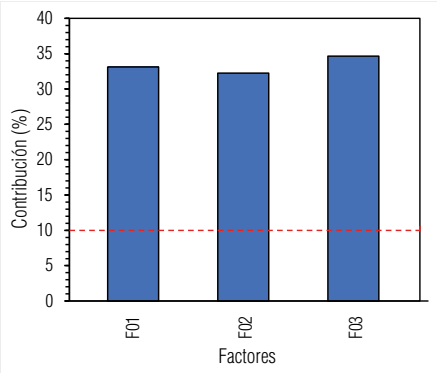


Figura 35. Contribución del valor agregado de los subsectores de la construcción en la dimensión uno.

Fuente: elaboración propia.

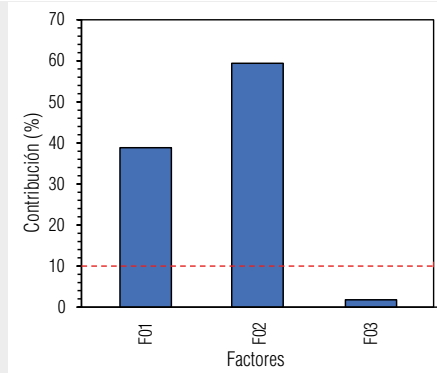


Figura 36. Contribución del valor agregado de los subsectores de la construcción en la dimensión dos.

La contribución de los factores que componen el valor agregado de los subsectores de la construcción, representando las correlaciones de los componentes principales o dimensiones uno y dos en un sistema de coordenadas X-Y, se expone en la Figura 37.

La Figura 37 ilustra la similitud de los vectores correspondientes a los factores que componen el VAC, los cuales tienen una correlación alta, reflejando prácticamente un comportamiento similar (Jolliffe, 2010).

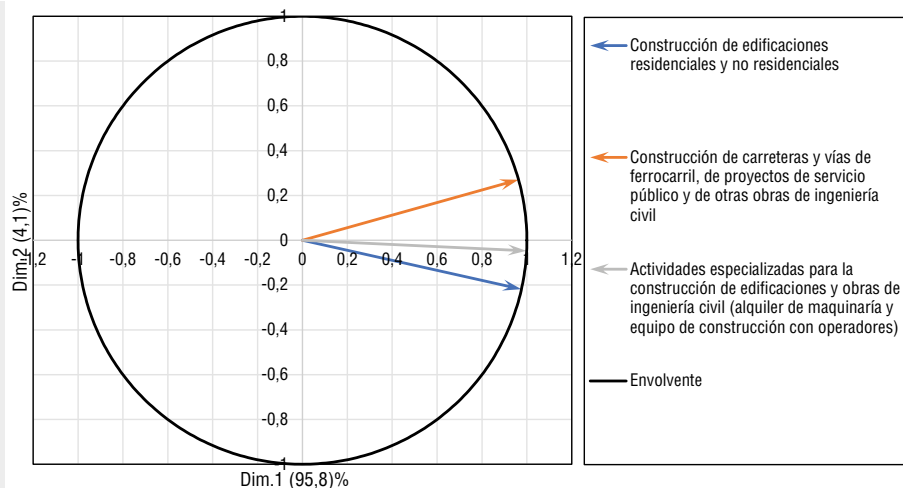


Figura 37. Correlación variable de los factores del valor agregado de los subsectores de la construcción.

Fuente: elaboración propia a partir de datos del DANE.

#### 4.5.1.4 Tasa de ocupación

El conocimiento sobre el funcionamiento del mercado laboral en Colombia ha aumentado, por ejemplo, algunas variables en el mediano y largo plazo son relativamente claras, debido al papel que representa la generación de empleo en cualquier economía. Por lo tanto, es considerado un factor macroeconómico de gran importancia en la formulación de políticas y planeación estatal en la economía de una nación.

Lo anterior refleja la fortaleza de su aparato productivo, capacidad para crear puestos de trabajo y caracterización de debilidades o fortalezas en cierta actividad económica, lo cual permite superar la pobreza y elevar la calidad de vida de sus habitantes (Arango, Parra-Escobar, & Pinzón-Giraldo, 2016; Ortega Burgos, Sarmiento, & Bonilla Botía, 2016). Así pues, para evaluar la oferta laboral, se utiliza la tasa



de ocupación (TO), concebida como una medida relativa de la demanda por trabajo, diferenciada por ramas de la actividad económica nacional. Este factor permite visualizar y relacionar los comportamientos y actividades de producción del PIB en un periodo de tiempo determinado e indirectamente con el desarrollo de la fuerza de trabajo en algunos sectores, en relación con la industrialización como propulsor de las economías emergentes (Arnedo, 2013).

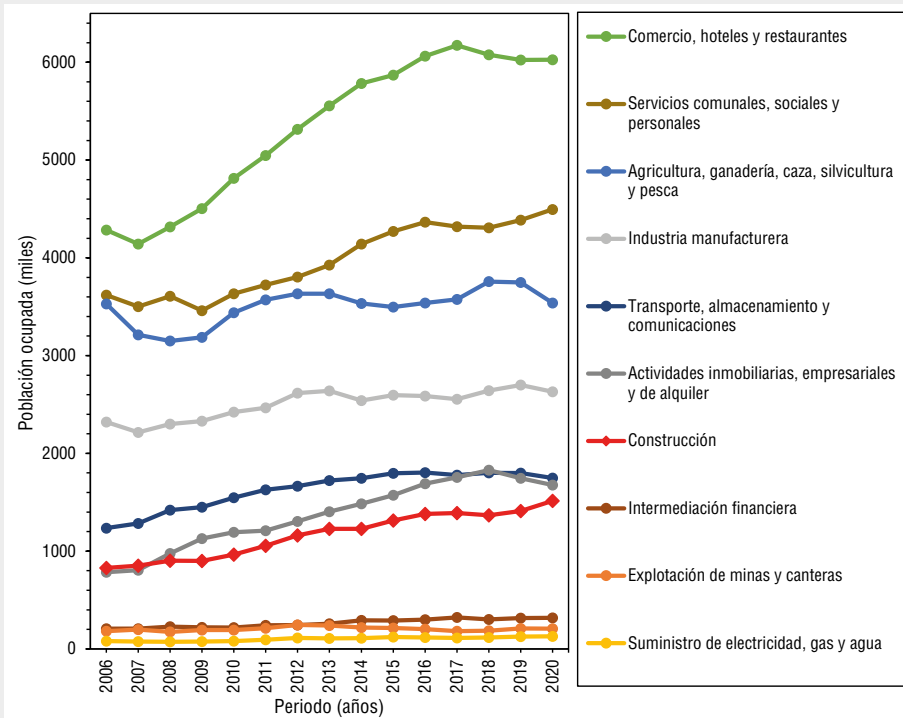


Figura 38. Ocupación en los principales sectores de la económica colombiana.

Fuente: elaboración propia a partir de datos del DANE.

Además, el sector de la construcción se destaca por el encadenamiento en diversos sectores de la economía y como generador de empleo como política gubernamental en periodos de recesión o desaceleración económica.

La Figura 38 ilustra el comportamiento de la ocupación por ramas de la economía en el periodo 2006-2020.

En relación con la producción, se observan los cambios en el empleo, en función de las crisis económicas sufridas en los últimos años. Todos los sectores de la economía, incluyendo el de la construcción, fueron afectados, en especial en los años 2008, 2014 y 2016. No obstante, como medida para superar estas dificultades, mediante inversión pública, se han canalizado políticas de empleo por el sector de la construcción, a partir del 2016.

Lo anterior se relaciona con la disminución de inversión pública, como fuente principal en la generación de infraestructura para la reactivación económica. No obstante, posterior a estas crisis, como política pública se encuentra la generación de empleo como medida gubernamental en el gasto público. Si bien, posterior al 2016 el incremento del empleo no aumentó, se mantuvo constante, mitigando el efecto desatado por la reducción de ingresos para inversión y su posterior incremento como medida de reactivación económica, como se observa en la Figura 39, donde se compara la ocupación en el sector de la construcción y el total de ocupados en todas las ramas de la economía nacional.

El gasto público es el aspecto de la economía que se ocupa de los ingresos y gastos del gobierno, así como del ajuste de uno u otro para lograr el efecto deseable y evitar los indeseables (Brown & Lucky, 2018). Como efecto deseable está el aumento de la ocupación por el apoyo de la inversión a través de políticas del gasto público, realizada mediante la provisión de in-

fraestructura social y económica, las cuales han sido múltiples veces repetidas y probadas en el siglo XX.

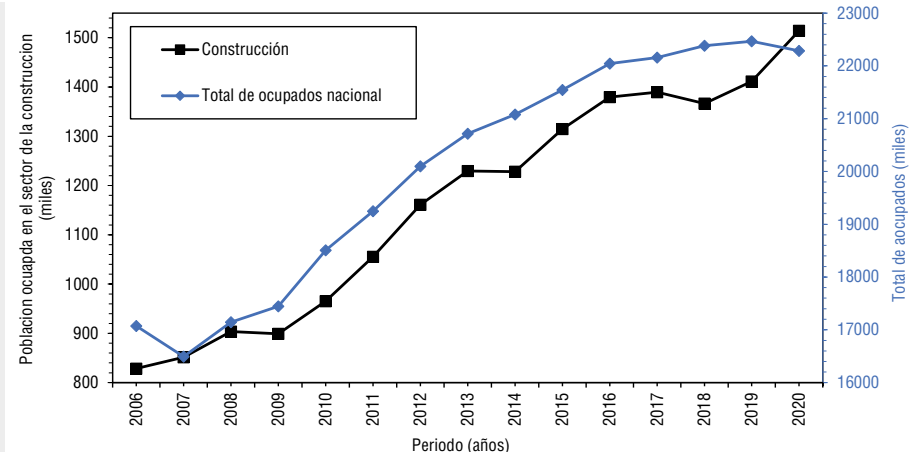


Figura 39. Impacto en la generación de empleo del sector de la construcción en comparación con el total de ocupados nacional.

Fuente: elaboración propia a partir de datos del DANE.

Estas políticas se basan en la teoría keynesiana del empleo, que es un reflejo de la relación funcional entre los insumos por la mano de obra y el capital para generar la producción, junto con su relación en el gasto público. El cual puede contribuir positivamente al crecimiento económico, al aumentar el consumo del gobierno, la rentabilidad e inversión. Esta teoría considera que la intervención activa del gobierno en el mercado es el único método para garantizar el empleo, asegurando la eficiencia en la asignación de recursos y la regulación de los mercados (Brown & Lucky, 2018; Mitchell, 2005).

De igual manera, esta metodología se aplica como fórmula de mitigación de crisis económicas a través del suministro de instalaciones de infraestructura por fondos públicos con el doble propósito de generar oport-

tunidades de empleo directo y utilizar los servicios para fomentar los sectores productivos. Por lo anterior, al evaluar las variaciones anuales de la ocupación en la economía nacional y el sector de la construcción, se exponen tasas de incremento en épocas de crisis, considerando que la fuente de los recursos proviene de inversión, generando un impacto en la economía y repercutiendo directamente en el sector. Esto se ilustra en la Figura 40.

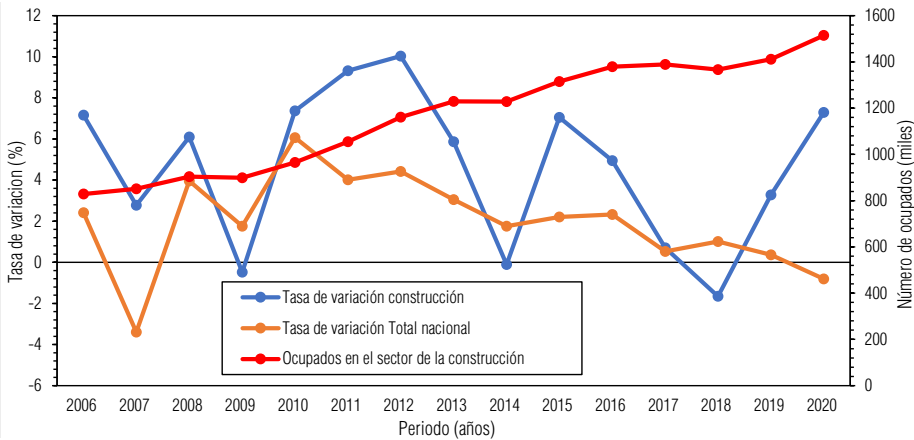


Figura 40. Tasa de variación de la ocupación en contraste con la ocupación del sector de la construcción.

Fuente: elaboración propia a partir de datos del DANE.

La Figura 40 expone la generación de empleo por este sector donde su crecimiento es constante con ciertas desaceleraciones por las crisis económicas anteriormente mencionadas. No obstante, posterior a estas, el crecimiento del empleo tiende a aumentar. En promedio, en 2019, el número de ocupados en el sector de la construcción se situó en 1'514.293 trabajadores, 3,2% más que el mismo periodo del 2018. Esta cifra representa una participación del 6,8% en el empleo nacional.

La generación se impulsa principalmente por el subsector de obras civiles a causa de la aceleración de su crecimiento en la primera mitad del 2019, impulsada por el gasto público. Esto contrarrestó parte del impulso negativo de edificaciones sobre el sector de la construcción y el aumento en la generación de empleo (Cámara Colombiana de la Construcción (CAMACOL), 2019a; Corficolombiana, 2019b).

- **Componentes principales en la tasa de ocupación de los principales sectores económicos en Colombia**

Al evaluar la ocupación por sectores económicos entre el 2005-2020, mediante el PCA, se generaron 10 dimensiones, exponiendo poca significancia en la varianza de las últimas siete. Con el fin de abarcar la mayor cantidad de comportamientos y varianzas, son tomadas la dimensión uno y dos, según se expone en la Tabla 12.

Tabla 12. Valores propios de los componentes principales de la ocupación en las principales ramas de actividad económica en Colombia.

Valores propios	Dim.1	Dim.2	Dim.3	Dim.4	Dim.5	Dim.6	Dim.7	Dim.8	Dim.9	Dim.10
<b>Varianza</b>	8.208	1.13	0.397	0.172	0.038	0.021	0.013	0.011	0.007	0.003
<b>Varianza (%)</b>	82.075	11.303	3.965	1.721	0.384	0.206	0.134	0.109	0.072	0.031
<b>Varianza acumulada (%)</b>	82.075	93.378	97.344	99.065	99.448	99.655	99.789	99.897	99.969	100

Fuente: elaboración propia.

La proporción explicada por cada valor propio se indica en la primera dimensión, abarcando el 82,07% de la variación. El porcentaje acumulado por las dos primeras dimensiones corresponde el 93,34% de la variación. Asimismo, no se consideran dimensiones que

no proporcionan una significancia importante. La contribución de las variables en la dimensión uno y dos se exponen en la Figura 41 y la Figura 42.

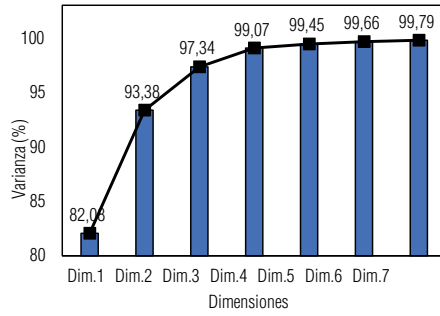
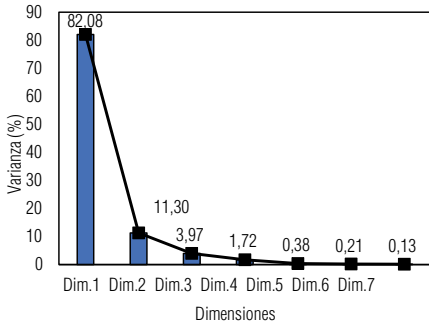


Figura 41. Porcentaje de las varianzas de componentes principales en la ocupación por ramas de actividad económica.

Figura 42. Varianza acumulada de componentes principales en la ocupación por ramas de actividad económica.

Fuente: elaboración propia.

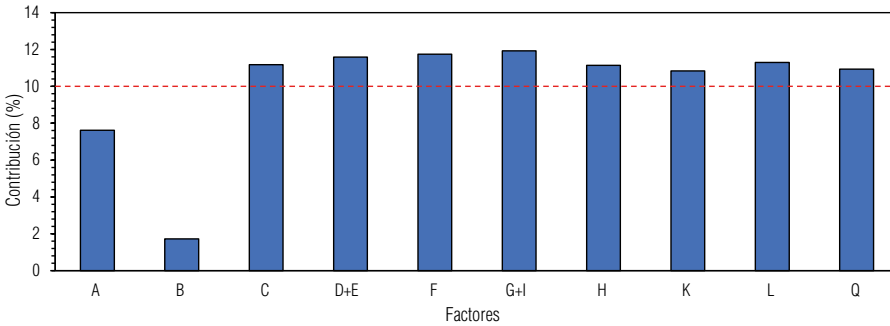


Figura 43. Contribución de la ocupación por ramas de actividad económica en la dimensión uno.

Fuente: elaboración propia a partir de datos del DANE.

Al escoger las dos dimensiones o PC, posteriormente se analiza la contribución de los factores que componen la ocupación en Colombia. La contribución de los factores en la dimensión uno (Figura 43) es prácticamente heterogénea, diferenciándose los ocupados en la rama de la agricultura y minería, en concordancia con la producción de las ramas de actividad económica, donde estas dos actividades han diferido en el perio-

do de evaluación, a causa de los cambios en la política económica anteriormente analizados.

La ocupación en las actividades mineras muestra un gran aporte a la dimensión dos, ilustrada en la Figura 44. Lo cual es coherente con el alto grado de dinamismo que esta actividad económica ha experimentado en los últimos 15 años, especialmente por la producción de dividendos a partir de políticas públicas en la exportación de recursos minerales y su posterior descenso, causado por lo las dinámicas económicas globales.

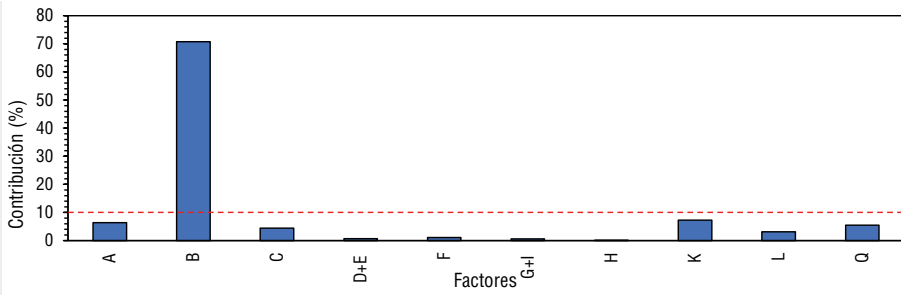


Figura 44. Contribución de la ocupación por ramas de actividad económica en la dimensión dos  
Fuente: elaboración propia a partir de datos del DANE.

La contribución de los factores que componen el VAC representan las correlaciones de los PC o dimensiones uno y dos en un sistema de coordenadas X-Y, ilustrado en la Figura 45. La ocupación en la actividad minera se diferencia de otros factores y las actividades agropecuarias difieren en magnitud, al compararlos con los factores restantes. Los cuales están muy próximos entre sí. Esto refleja su correlación positiva relativamente grande.

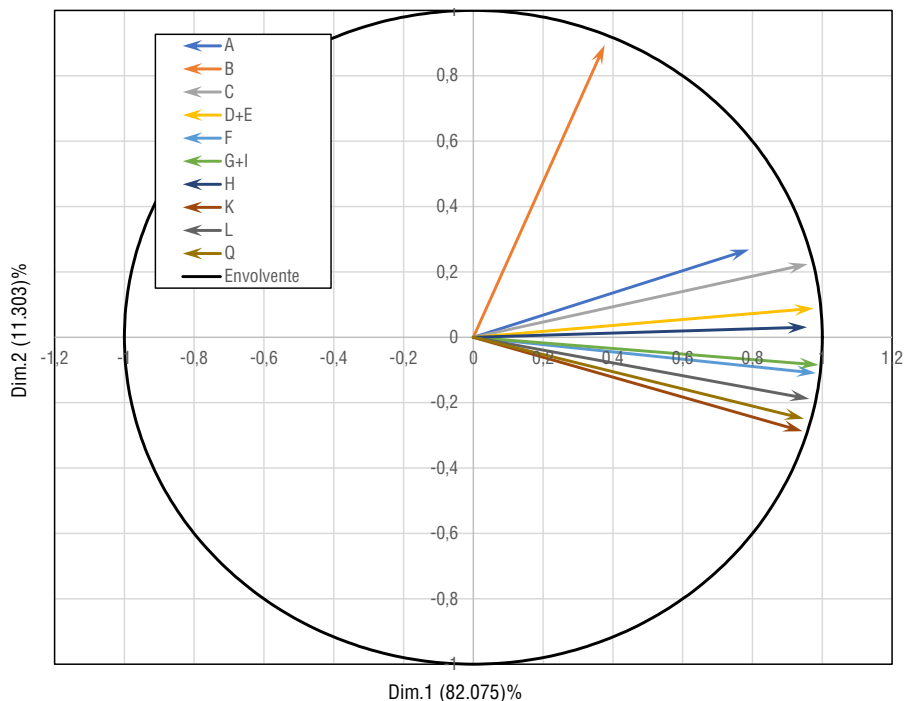


Figura 45. Correlación variable de factores que componen la ocupación por ramas de actividad económica en Colombia (Código CIIU 4 rev).

Fuente: elaboración propia a partir de datos del DANE.

#### 4.5.2 Análisis de la oferta

La oferta se ha establecido mediante el IEAC como la cantidad de unos recursos producidos y están dispuestos o son capaces de proporcionar al mercado, evaluada a través de la cantidad de cemento como material de construcción esencial en toda obra civil o edificación, junto con la oferta de edificaciones. Representa una parte vital del sector y, a su vez, la producción de infraestructura esencial.



#### *4.5.2.1 Análisis de la oferta del cemento gris en Colombia*

Las empresas de construcción operan en un entorno cambiante, soportado por nuevos procesos de producción, distribución y consumo, junto con nuevas técnicas para la extracción de materias primas, procesamiento, fabricación y comercialización. En el uso de materiales, el sector de la construcción es el mayor consumidor mundial, especialmente de cemento, considerado como el mayor material manufacturado existente en la actualidad (Scrivener et al., 2018; Uwasu et al., 2014). Además, su producción sigue una tendencia de crecimiento que alcanza las 2,8 miles de millones de toneladas a nivel mundial y se espera un incremento de 6,9 miles de millones de toneladas para el 2050 (Isaksson, 2016).

Este producto es indispensable para los procesos constructivos y el desarrollo económico colombiano, como parte inherente del sector de la construcción, considerándose un motor de la economía, influyendo, afectando y atrayendo las industrias manufactureras mediante la demanda de maquinaria y equipo, productos metálicos, materiales de construcción, industria química y productos minerales no metálicos (Salamanca Mora, 2019).

Su producción y consumo se relaciona con los grandes retos en términos de gestión de recursos materiales, nuevas tecnologías y equipos de construcción e implementación de procesos para el trabajo en obra y la cantidad de recursos energéticos invertidos en el proceso de producción, dado que los edificios son el mayor consumidor individual de energía en todo el mundo (Giesekam et al., 2016). Por lo tanto, establecer la oferta

del cemento expondrá el comportamiento del sector de la construcción y el impacto de las mencionadas crisis económicas, las cuales se muestran en la Figura 46.

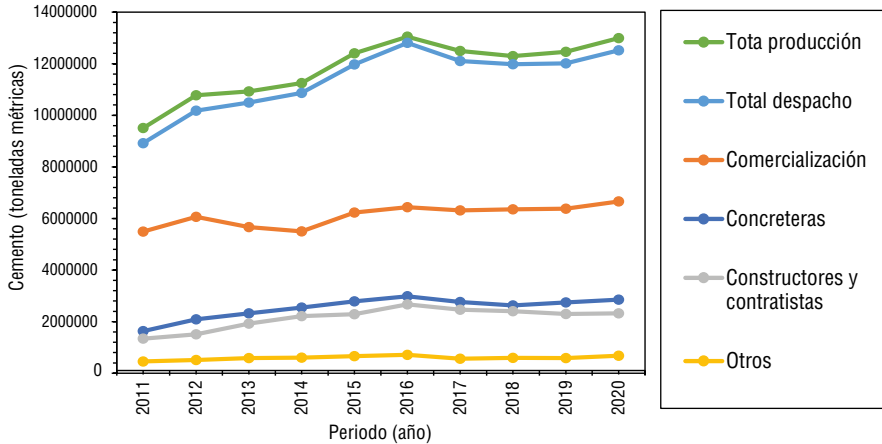


Figura 46. Producción del cemento y los diferentes despachos del cemento gris.

Fuente: elaboración propia a partir de datos del DANE.

Pese a que los datos proveídos por el DANE no exponen estadísticas anteriores al 2010, no es posible establecer el efecto de la crisis inmobiliaria mundial acaecida en el 2008. Sin embargo, se observan los cambios en la producción, ocasionados en el 2012, cuando las ofertas de cemento (que son prácticamente similares) aumentaron.

Lo anterior es producto del incremento en la construcción de edificaciones, como consecuencia de la reactivación de los créditos hipotecarios para viviendas nuevas, usadas y programas de vivienda para incentivar la compra sostenida por el incremento en inversión estatal, causado por los plusvalores generados por la exportación de petróleo y carbón (Ríos-Ocampo & Olaya, 2017; Salamanca Mora, 2019). Asimismo, se observan los cambios en la reducción de su producción

y consumo, a partir del 2016, cuando las variaciones exponen una mayor afectación del sector e impactaron los diferentes despachos del cemento gris, como se observa en la Figura 47.

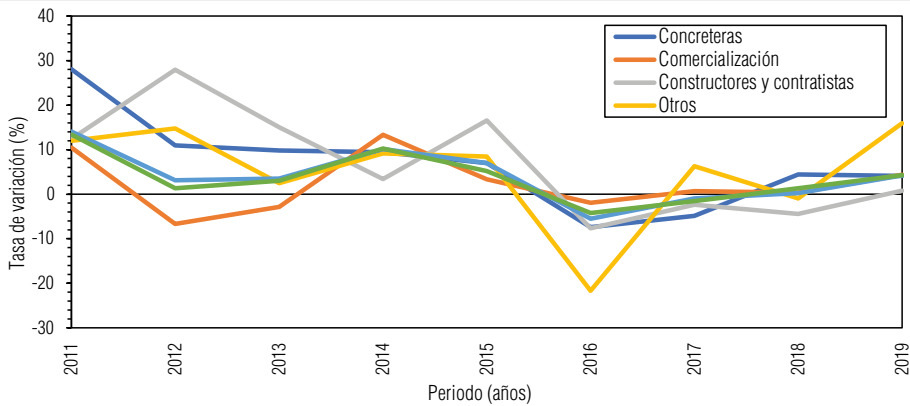


Figura 47. Tasa de variación anual en la producción y despacho de cemento gris.

Fuente: elaboración propia a partir de datos del DANE.

El impacto negativo generado en la crisis del 2014 se evidencia en el 2016, cuando la producción se redujo un 5,5% y los despachos, un 4,2%, por los retrasos de los cierres financieros de las vías de cuarta generación, la desaceleración de programas del gobierno que incentivaron la construcción de vivienda, producto de la desaceleración económica iniciada en el 2014. Esta política recesiva redujo los despachos de cemento gris, especialmente en concreteras y constructores en 7,4% y 7,6%, respectivamente.

- **Análisis de componentes principales del cemento gris en Colombia**

Al evaluar la producción y el despacho de cemento gris entre el 2005-2020, mediante el PCA, se obtuvieron 5 dimensiones y a partir de la segunda dimensión, la

varianza es poca. El resultado significativo se expone en la primera dimensión o PC y se ilustra en la Tabla 13.

Tabla 13. Valores propios de los componentes principales en la producción y despacho de cemento gris en Colombia.

Valores propios	Dim.1	Dim.2	Dim.3	Dim.4	Dim.5
<b>Varianza</b>	4.327	0.452	0.199	0.023	0
<b>Varianza (%)</b>	86.535	9.036	3.974	0.455	0
<b>Varianza acumulada (%)</b>	86.535	95.571	99.545	100	100

Fuente: elaboración propia.

La dimensión uno concentra la mayor cantidad de varianza, aunque es poco significativa. Sin embargo, mayor a 1. Esto se observa con mayor detalle en la Figura 48 y la Figura 49.

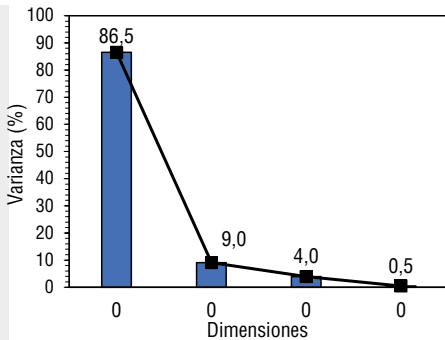


Figura 48. Porcentaje de las varianzas en los componentes principales del cemento gris.

Fuente: elaboración propia.

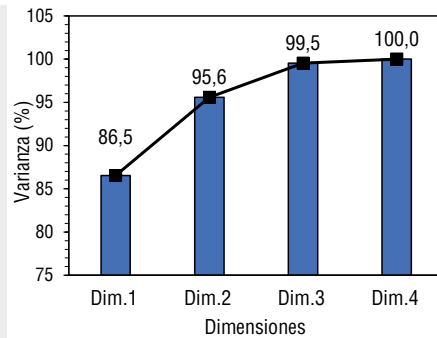


Figura 49. Varianza acumulada en los componentes principales del cemento gris.

La proporción de variación definida por cada valor propio indica que el primer PC corresponde al 86,5% de varianza y el porcentaje acumulado en las dos primeras dimensiones abarca el 95,5%. Sin embargo, la varianza en la dimensión dos corresponde a 0,4. Este valor es poco significativo y denota su baja contribución. Por lo tanto, no es considerada en posteriores

análisis. Estas contribuciones en la dimensión uno y dos se exponen en la Figura 50 y la Figura 51.

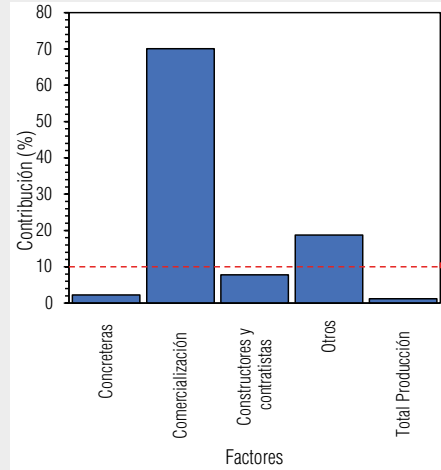
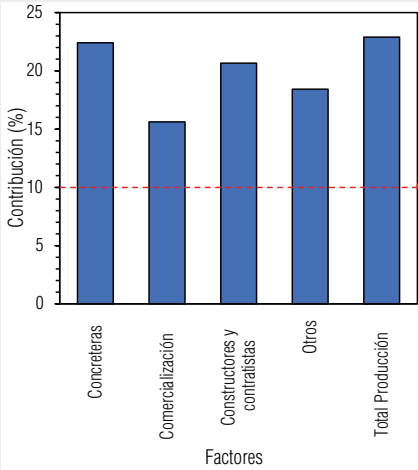


Figura 50. Contribución de factores que componen la oferta de cemento gris en la dimensión uno.

Figura 51. Contribución de factores que componen la oferta de cemento gris en la dimensión dos.

Fuente: elaboración propia.

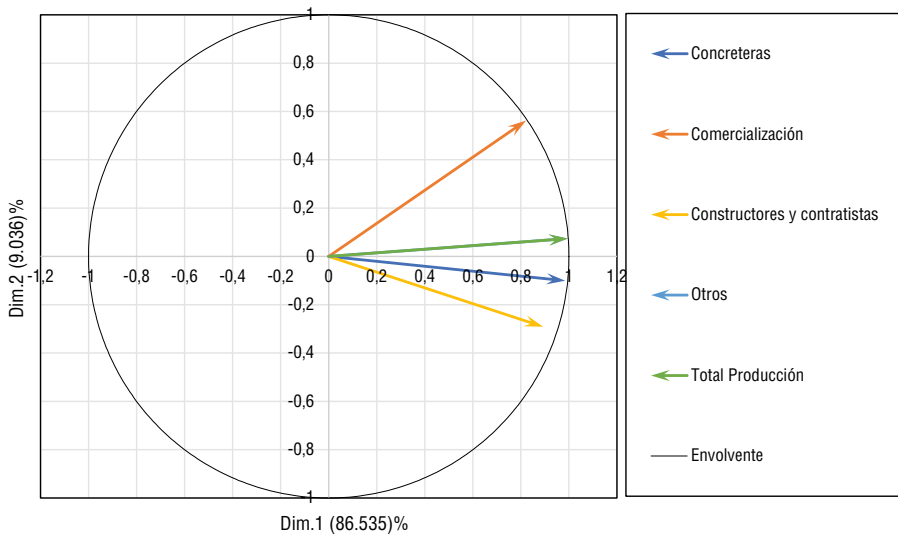


Figura 52. Círculo de correlación entre las dimensiones uno y dos de cemento gris.

Fuente: elaboración propia a partir de datos del DANE.

La contribución de los factores que componen el VAC se representa en las correlaciones de los PC o dimensiones uno y dos en un sistema de coordenadas X-Y, como se expone en la Figura 52.

Debido al marcado efecto de las crisis económicas en el despacho de cemento, la de demanda aporta el 22% en la distribución de este factor.

#### 4.5.2.2 Construcción de edificaciones en Colombia

El adecuado desempeño del sector de la construcción de edificaciones se encuentra asociado a la promoción del desarrollo económico y social, gracias a la construcción de viviendas que mejora la calidad de vida de la sociedad. Esto concibe a la construcción de edificaciones como una actividad central en el desarrollo socioeconómico del país, especialmente en países en vías de desarrollo como Colombia.

Lo anterior obedece al déficit habitacional existente y es común la generación de políticas que incluyen asignaciones presupuestales directas para suplir esta demanda. A su vez, tiene en cuenta una explotación económica, realizada por personas naturales o jurídicas. Sin embargo, estas deben focalizar sus esfuerzos en elaborar y posteriormente ejecutar proyectos que involucren las necesidades apremiantes de los interesados (Project Management Institute, 2017). Por esta razón, la construcción de edificaciones es indispensable en el sector de la construcción. La Figura 53 expone el comportamiento de la oferta de edificaciones en el periodo 2005-2019.

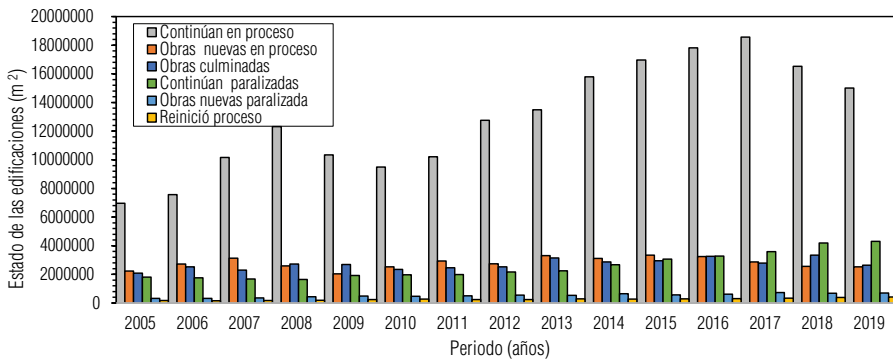


Figura 53. Estado de la oferta en las edificaciones construidas en Colombia.

Fuente: elaboración propia a partir de datos del DANE.

Son notables los cambios producidos en la oferta de vivienda a partir de las crisis económicas que afectaron la economía colombiana y aquellas bonanzas que incrementaron la oferta de vivienda (2012-2016). De igual manera, el comportamiento de las edificaciones que continúan en proceso de construcción domina la oferta, aparcando aproximadamente un 60% del total. Por lo mismo, las obras nuevas en proceso recogen el 18% de las edificaciones. Sin embargo, esta se ha reducido a partir de la crisis económica en el 2018, a la par con el crecimiento de las obras paralizadas, igualándose en promedio al 16% con las obras culminadas. Esta última se ha mantenido constante a partir de la crisis más reciente.

Las obras nuevas paralizadas y aquellas que reinician proceso solo ocupan el 4,5% del estado de la oferta de edificaciones. Lo anterior permite vislumbrar el actual panorama en la oferta de vivienda, el cual ha tendido a estancarse. No obstante, continúa generando un gran dinamismo en el mercado colombiano. El impulso a la vivienda por el gasto público permite otorgar una mayor variabilidad a esta oferta, donde la reducción de área construida es coherente con la disminución de de-

manda en el país. La vivienda No VIS, pese a dominar el mercado con aproximadamente un 75% de participación, se ha reducido a partir del 2016 hasta un 15% (55%, aproximadamente).

Asimismo, el área construida de vivienda con un rango de precios mayores a 350 Salarios Mínimos Mensuales Legales Vigentes (SMMLV) ha disminuido en 62%. En viviendas con un rango de precios entre 136-350 SMMLV se redujo hasta un 72%. Sin embargo, la construcción de vivienda de interés social (VIS) ha crecido, específicamente en viviendas con un rango de precios entre 111-135 SMMLV en un 55%. Además, el licenciamiento de área construida para VIS alcanzó un incremento de 2.055.176 m<sup>2</sup>, el mayor en los últimos diez años.

No obstante, en vivienda VIS con un rango de precios entre 91-110 SMMLV, su reducción ha alcanzado el 50%, de igual forma las viviendas consideradas de interés prioritario (VIP), según la Ley 1955 de 2019 (Congreso de la República de Colombia, 2019), con valores menores a 90 SMMLV, han reducido su participación en el mercado en un rango de 32% hasta 48%, producto de políticas que buscan incentivar la oferta mediante beneficios tributarios, según la Ley 1607 de 2012 (Congreso de la República de Colombia, 2012).

Por lo anterior, las empresas constructoras tienen derecho a la devolución o compensación del impuesto al valor agregado (IVA), pagado en la adquisición de materiales para la construcción de vivienda de interés social y prioritaria, generando enfoques de mercado en proyectos de vivienda, donde el Estado coadyuva y facilita la productividad empresarial, sin afectar drásticamente los ingresos causados por la



formulación y ejecución de proyectos, según la capacidad del mercado actual.

Acorde a la Figura 54, la desaceleración originada por eventos macroeconómicos afecta directamente el libre mercado, en especial el de vivienda. Este subsector posee características particulares que lo diferencian de la mayoría de activos de inversión, considerado como un bien mixto que puede ser de consumo, proveyendo flujos de servicios por su ocupación e inversión como finalidad social del Estado (Ortiz, Jiménez, & Cruz, 2019). Asimismo, los mercados de vivienda se ajustan mediante procesos lentos que involucran costos de transacción considerables en términos de búsqueda y negociación (Durán Vanegas, 2016; Glaeser & Nathanson, 2014).

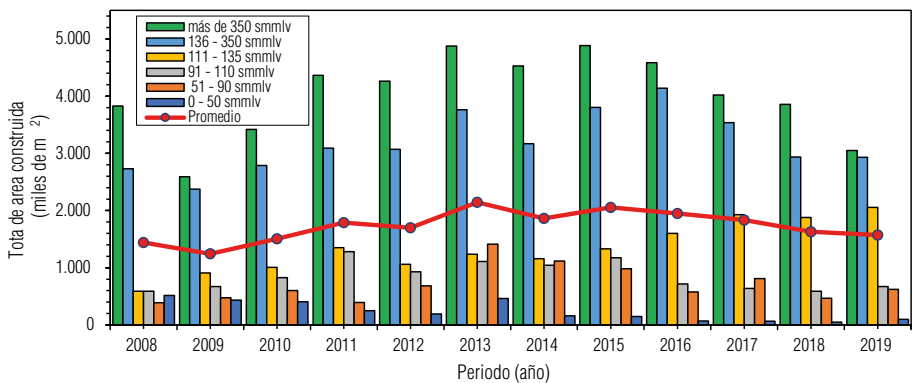


Figura 54. Demanda de vivienda área construida discriminada por rango de precios.

Fuente: elaboración propia a partir de datos del DANE.

Adicionalmente, la vivienda concentra la mayor parte de la riqueza de los hogares, que incide de forma importante en el crecimiento de un gran número de economías y el desempeño de sus mercados. Lo cual está fuertemente ligado a los ciclos económicos.

Consecuentemente, la reducción en la demanda de vivienda no VIS (vivienda no subsidiada por el Estado) expone explícitamente el efecto de las crisis económicas actuales e implícitamente la influencia que la demanda para inversión estatal ejerce sobre los precios de vivienda, junto con el efecto que puede tener sobre la estabilidad financiera de la economía.

Así, la reducción en demanda de vivienda repercute en la producción global del sector de la construcción, donde la inversión pública mitigó la caída de vivienda mediante inversión en VIS (Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), 2019a). No obstante, pese a la inversión estatal, el subsector registra un descenso en el área causada, que explica casi la totalidad del comportamiento en el segmento edificador, presentando una reducción anual de 16.3%, donde un 11% es causado por la demanda en vivienda no VIS. El cual contrasta con el crecimiento de 12,5% de las obras civiles.

- **Análisis de componentes principales de la oferta de edificaciones en Colombia**

Al evaluar la oferta de vivienda, valorada mediante PCA, se logró la obtención de 11 dimensiones, como se observa en la Tabla 14, de las cuales se toman como representativas las dos primeras (Dim. 1 y Dim. 2) con una varianza mayor a 1.

De igual manera, el porcentaje y la acumulación de varianza permiten vislumbrar las dos primeras dimensiones como significativas, a la distribución del 17,6% de varianza en las 8 dimensiones restantes. Esta distribución se observa con mayor detalle en la Figura 55 y la Figura 56.

Tabla 14. Valores propios de los componentes principales de la oferta de vivienda en Colombia.

Valores propios	Dim. 1	Dim. 2	Dim. 3	Dim. 4	Dim. 5	Dim. 6	Dim. 7	Dim. 8	Dim. 9	Dim. 10	Dim. 11
<b>Varianza</b>	6.284	2.784	0.998	0.499	0.192	0.136	0.067	0.024	0.014	0.001	0.000
<b>Varianza (%)</b>	57.13	25.31	9.07	4.534	1.75	1.236	0.605	0.219	0.129	0.013	0.001
<b>Varianza acumulada (%)</b>	57.13	82.44	91.51	96.047	97.797	99.032	99.637	99.856	99.986	99.999	100

Fuente: elaboración propia.

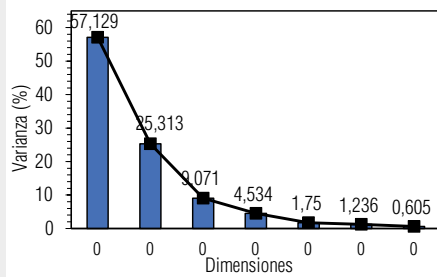


Figura 55. Porcentaje de varianzas en los componentes principales para la oferta de edificaciones.

Fuente: elaboración propia.

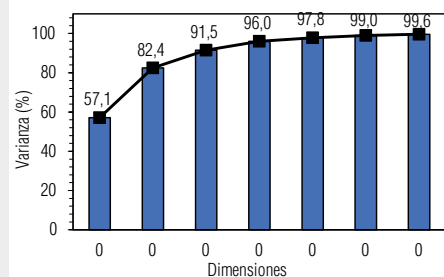


Figura 56. Porcentaje de varianza acumulada en los componentes principales para la oferta de edificaciones.

Con las dimensiones establecidas, aquellas contribuciones de los factores que componen el análisis en la oferta de edificaciones muestran que en la dimensión uno, la mayoría de factores contribuyen entre un 8% y 10,5% en diferente proporción. Se destacan las obras que continúan paralizadas y aquellas que reinician proceso, donde su contribución es menor al 6,5%.

Sin embargo, estos dos últimos factores sobresalen en la dimensión dos con un aporte entre el 16% y 18%. Los cuales son coherentes con su comportamiento en los últimos años, mientras que las construcciones paralizadas han crecido de forma constante a partir del 2009 y el reinicio de obras nuevas obedece a condiciones crediticias y de solvencia económica de las mismas,

debido a la reducción de capacidad adquisitiva, producto de las crisis financieras anteriormente mencionadas. La distribución de contribuciones en la oferta de edificaciones se expone en la Figura 57 y la Figura 58.

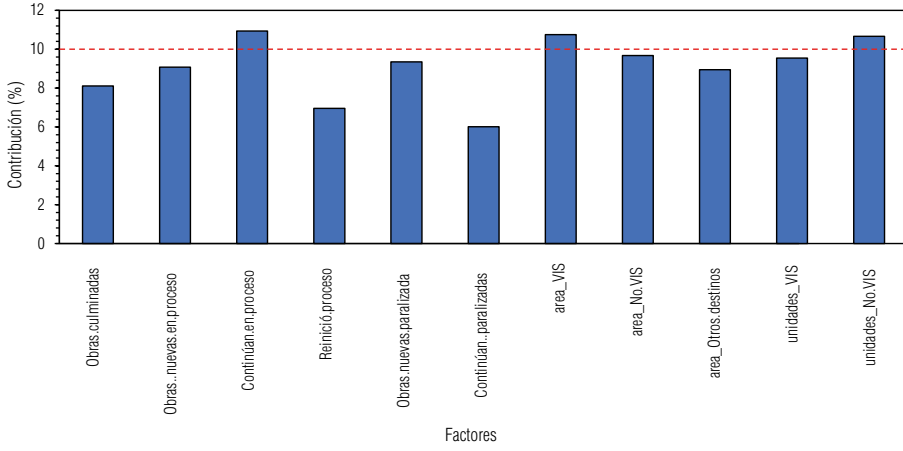


Figura 57. Contribución de los factores que componen la oferta en la construcción de edificaciones en la dimensión uno.

Fuente: elaboración propia.

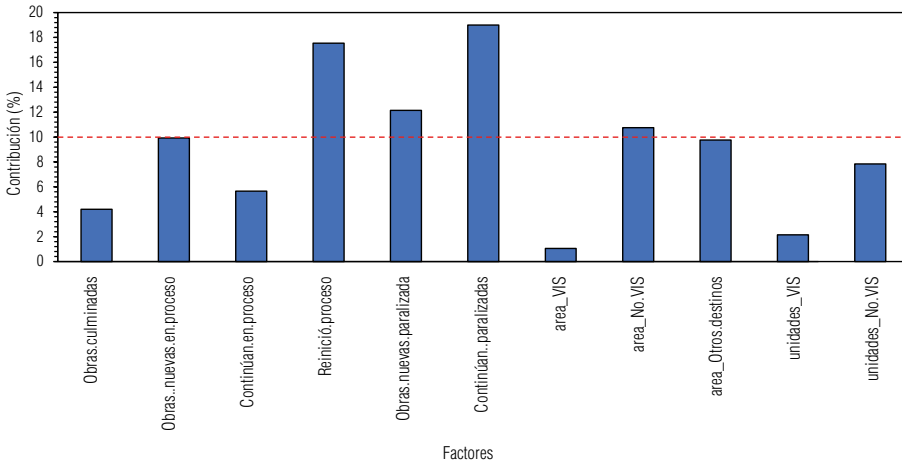


Figura 58. Contribución de factores que componen la oferta en la construcción de edificaciones en la dimensión dos.

Fuente: elaboración propia.

La contribución de los factores que componen la oferta y estado de construcción de edificaciones se representa en las correlaciones de los componentes principales o dimensiones uno y dos, en un sistema de coordenadas X-Y, como se ilustra en la Figura 59.

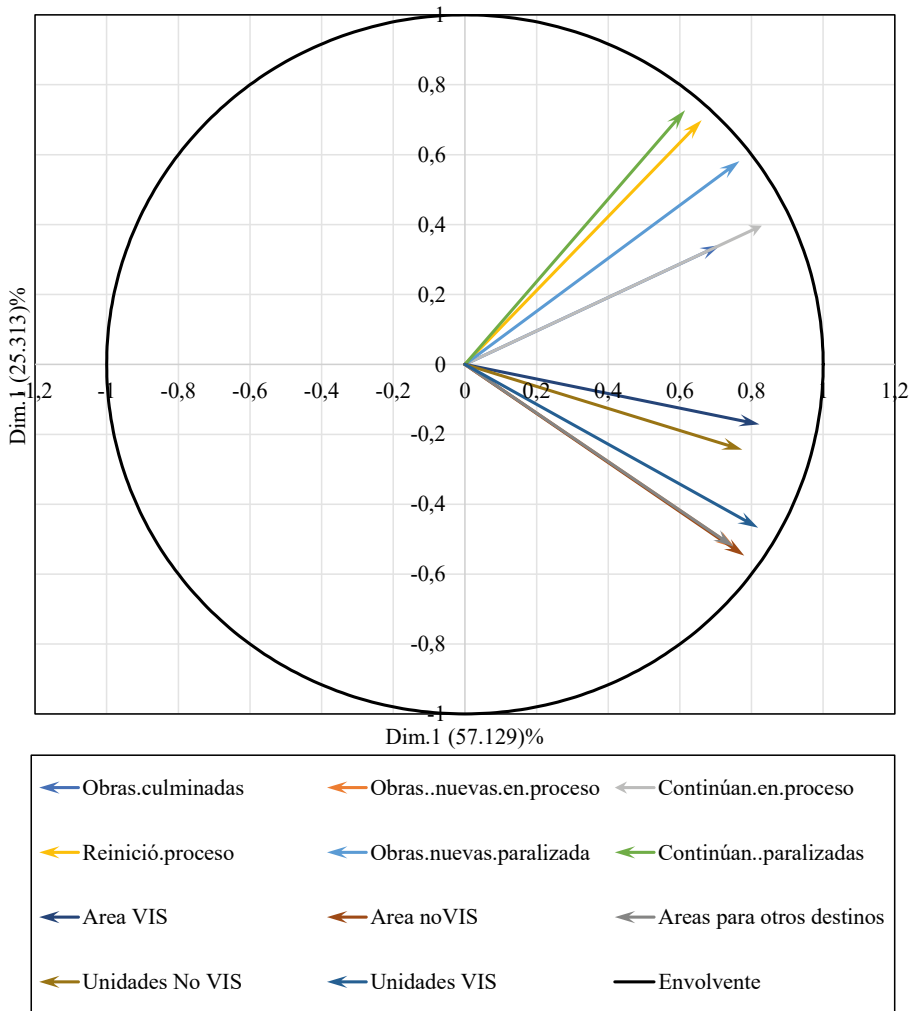


Figura 59. Correlación de variable de factores que componen la oferta en la construcción de edificaciones.

Fuente: elaboración propia a partir de datos del DANE.

La Figura 59 expone la poca correlación entre el estado de las obras, la cantidad de obras de vivienda y el área utilizada para su construcción, en coherencia con otras dinámicas que dominan el comportamiento de los procesos llevados a cabo en la construcción de edificaciones y las cantidades y tipo de vivienda ofertadas.

### **4.5.3 Factores que componen la demanda en el sector de la construcción**

La demanda es definida en los indicadores que componen el IEAC como la cantidad de concreto premezclado que los consumidores están dispuestos y pueden adquirir desde diferentes fuentes de adquisición durante un periodo de tiempo determinado. Al igual que la demanda del crédito hipotecario mediante diversas formas de representación, evaluando precios, tipos y cantidades demandadas, expuestas a continuación.

#### *4.5.3.1 Demanda del concreto premezclado en Colombia*

La construcción, como una de las principales herramientas en el desarrollo de las sociedades modernas, es influenciada directamente por el avance tecnológico e industrial. De modo que su influencia es transversal en todas las economías, debido a los grandes recursos primarios que moviliza, su transformación en la industria manufacturera, la generación de empleos directos o indirectos y el fomento a la inversión. Como resultado, uno de los principales insumos utilizados en el sector de la construcción es el concreto premezclado u hormigón en estado fresco (Palacio Estrada, 2019).

Gracias a sus propiedades mecánicas y estructurales, junto con su uso ubicuo, permite una gran diversidad

de diseño. Asimismo, su uso está en función de una tradicional implementación, convirtiéndolo en el material compuesto más rentable y utilizado en la construcción de edificaciones y obras civiles (R., Vijayarajan, & Gokhlani, 2018). Además, es ampliamente utilizado debido a sus facilidades de almacenamiento y transporte, posibilitando su demanda en cualquier mercado a bajos costos.

Sin embargo, estos costos involucrados en el transporte y el esquema tarifario generan una conveniencia mercantil basada en la producción local. Por lo tanto, aquellos casos constructivos donde las complejidades y alcances del proyecto de construcción no son considerables, la producción de concreto se realiza en la obra, justo antes de su utilización (Corficolombiana, 2019a). De modo que su demanda está directamente relacionada con las inflexiones históricas y con la dinámica de la industria cementera y obras de infraestructura.

Colombia sigue una tendencia mundial en su uso, debido al soporte del Estado en la inversión como inversión social, plasmada en construcción de infraestructura, edificaciones y viviendas de gran envergadura, marcada en un ambiente económico regularmente sometido a altas fluctuaciones. Por lo anterior, su demanda, al tener limitantes focalizadas en la naturaleza misma del concreto en estado fresco, requiere condiciones óptimas y un tiempo corto de transporte; demandando que su producción se realice por solicitud directa. Estos comportamientos permiten evaluar su demanda y ejercer como indicador idóneo en los procesos constructivos y dinámica del sector. La Figura 60 expone la diferenciación de la demanda según su destino.

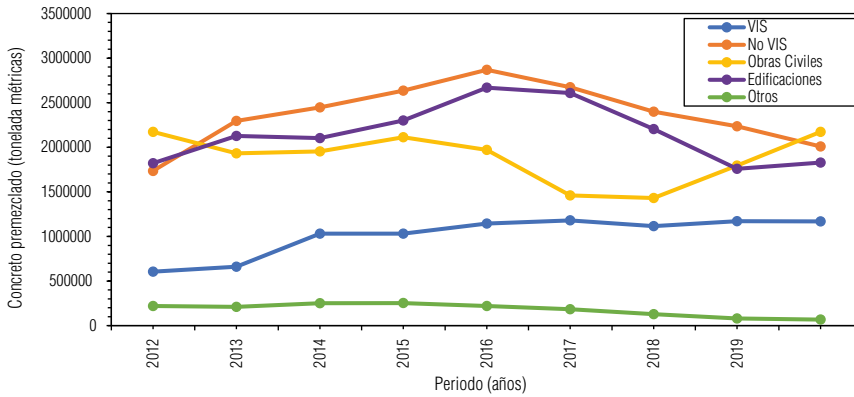


Figura 60. Demanda de concreto premezclado en Colombia.

Fuente: elaboración propia a partir de datos del DANE.

La industria del concreto premezclado experimenta grandes cambios en la demanda del sector de la construcción, debido a las fluctuaciones anteriormente mencionadas, que impactan directamente el desempeño del sector, gracias a la importante participación de los gobiernos estatales y locales, mediante la inversión en infraestructura civil, junto con las unidades habitacionales en propiedades horizontales como referente de construcciones complejas.

No obstante, estas variaciones se focalizan para ciertos destinos en función del mercado colombiano, principalmente, denotando una demanda mayoritaria en el subsector de edificaciones; especialmente en vivienda no VIS, destacando su importancia global en la construcción. Asimismo, posterior a la crisis económica que impactó a la economía colombiana posterior al 2014 y al sector de la construcción en el 2016, se observa una leve recuperación mediante el incentivo estatal y la inversión en obras civiles, incrementando la demanda del concreto premezclado como material constituyente, fenómeno observado en la Figura 60 y la Figura 61.



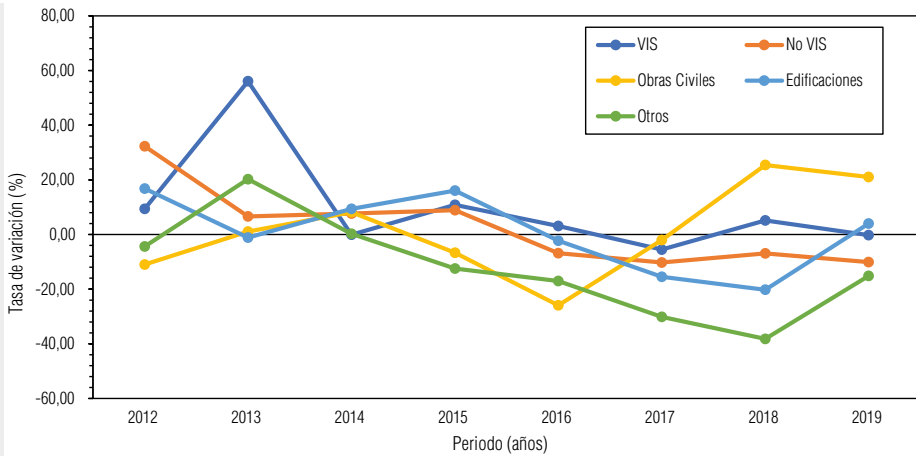


Figura 61. Tasa de variación anual en los factores que componen la demanda del concreto premezclado.

Fuente: elaboración propia a partir de datos del DANE.

Lo anterior se integra a la dinámica global, la cual es volátil, debido a la variación anual de inversión a consecuencia de los ingresos fiscales (Collard-wexler, 2013). No obstante, las actividades correspondientes al dinamismo mercantil son las principales afectadas por las consecuencias y recuperación económica. Las cuales son relativamente extensas y lentas (Corficolombiana, 2019a). Lo anterior se observa en la demanda del concreto para la construcción de vivienda No VIS que, históricamente, corresponde la destinación de la mayor producción de este material de construcción. Sin embargo, a partir de la crisis originada en el 2014, su consumo se ha reducido hasta un 25% en sintonía con la reducción en la participación en construcción de edificaciones que a inicios de 2019 alcanzó - 20%. Estas variaciones se observan con mayor profundidad en la Figura 61.

Caso contrario se observa en el incremento en la construcción de obras civiles, el cual incrementó su

demanda en 12%, posterior a la crisis económica. Además, se observa un constante aumento en la demanda para construcción de vivienda VIS, alcanzando un incremento del 74%, aproximadamente, desde el 2013. Lo anterior es resonante con las cifras de producción bruta generada por el sector de la construcción, donde la inversión pública ha sido protagonista y ha mitigado la caída abrupta del sector por las últimas recesiones económicas (Corficolombiana, 2019a).

Por lo anterior, es posible inferir que las notables variaciones son consecuencia de las inversiones estatales en el subsector de obras civiles como medidas para la mitigación de variaciones macroeconómicas negativas en el empleo y otras actividades conexas, generando un cambio en las políticas de inversión. Asimismo, el concreto tiene mayor relación con la construcción de infraestructura civil y edificaciones de gran envergadura.

- **Componentes principales en la demanda del concreto premezclado en Colombia**

Al evaluar la demanda de concreto premezclado en el periodo 2011-2019, mediante el PCA, se generaron 5 dimensiones y se evidencia poca varianza en las tres últimas. Por lo anterior, con el fin de abarcar la mayor cantidad de comportamientos y varianzas, son tomadas la dimensión uno y dos, según lo ilustra la Tabla 15.

Tabla 15. Valores propios de los componentes principales en la demanda de cemento gris en Colombia.

Valores propios	Dim.1	Dim.2	Dim.3	Dim.4	Dim.5
Varianza	2.534	1.646	0.624	0.134	0.062
Varianza (%)	50.675	32.915	12.483	2.68	1.247
Varianza acumulada (%)	50.675	83.59	96.073	98.753	100

Fuente: elaboración propia.

La varianza en la dimensión uno corresponde a 2,53 y 1,64 en la dimensión dos. En general la varianza en todas las dimensiones es baja. No obstante, en la dimensión uno y dos es mayor a 1, que corresponde al 50,67% y 32,91%, respectivamente. La Figura 62 y la Figura 63 ilustran estos comportamientos.

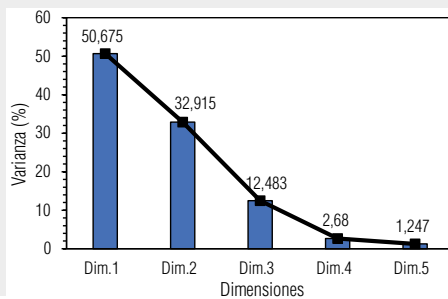


Figura 62. Porcentaje de varianzas en los componentes principales en la demanda del concreto premezclado.

Fuente: elaboración propia.

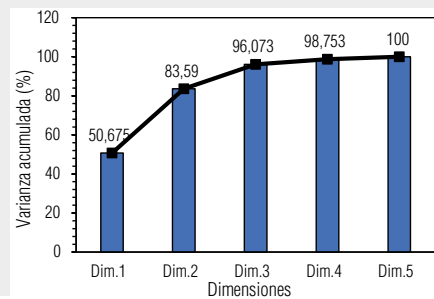


Figura 63. Porcentaje de varianza acumulada en los componentes principales en la demanda del concreto premezclado.

La varianza acumulada en las dos primeras dimensiones abarca el 83,6%, aproximadamente. El valor restante se distribuye en las demás dimensiones, donde sus varianzas son poco significativas. Por lo tanto, al escoger y evaluar la contribución de los factores en la dimensión uno y dos, su aporte es heterogéneo, como se expone en la Figura 64 y la Figura 65.

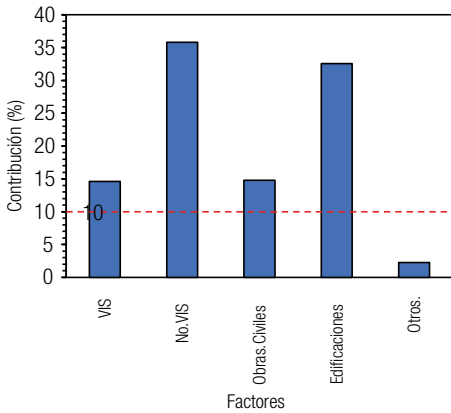


Figura 64. Contribución de factores que componen la demanda de concreto premezclado en la dimensión uno.

Fuente: elaboración propia.

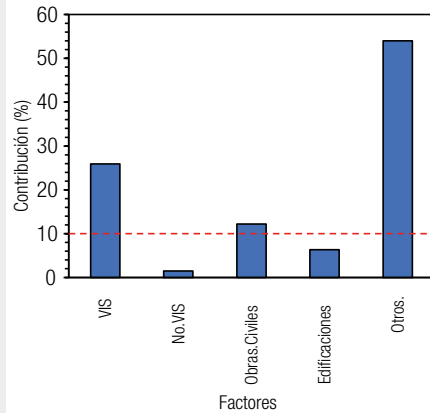


Figura 65. Contribución de factores que componen la demanda de concreto premezclado en la dimensión dos.

La contribución en la dimensión por la demanda de concreto premezclado en vivienda No VIS y edificaciones corresponde al 68,3% del total. Lo anterior es causado por el mayor aporte en la demanda general del concreto premezclado, a diferencia de la dimensión dos, donde la demanda de otras actividades tiene la mayor contribución con el 54%. No obstante, esta es poco significativa en el mercado de la construcción y, por esta razón, sus variaciones difieren de los factores inmersos en la primera dimensión. La Figura 66 expone estas diferencias y permite comparar las correlaciones entre las diversas variaciones del comportamiento en la demanda de concreto premezclado para diversos fines.

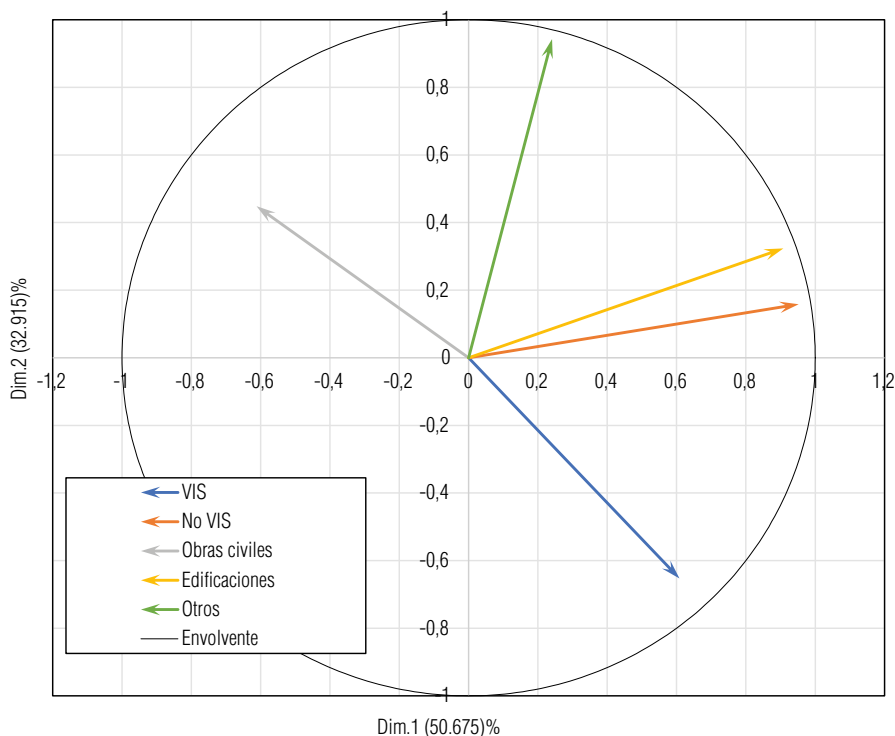


Figura 66. Círculo de correlaciones de la demanda del concreto premezclado.

Fuente: elaboración propia a partir de datos del DANE.

El círculo de correlaciones expone las marcadas diferencias entre las cargas que componen los factores en estudio, observando que los contrastes son notorios, excluyendo la demanda para edificaciones y vivienda no VIS. Los cuales son los mayores contribuyentes en la dimensión uno o componente principal de mayor importancia.

#### 4.5.3.2 Cartera hipotecaria de vivienda

Como parte de las estrategias para la promoción del desarrollo económico del país se encuentra el incentivo a la demanda, implementado para operar dicho sistema. Esta estrategia consiste en el otorgamiento

de créditos para vivienda por instituciones públicas o entidades privadas, permitiendo incentivar el desarrollo en varios sectores de la economía y la generación de empleo, en la búsqueda de cumplir con el desarrollo social inherente a los fines estatales establecidos en la Constitución Política de Colombia, Artículo 51: *“Todos los colombianos tienen derecho a vivienda digna”* (Asamblea Constituyente de Colombia, 1991). Además, contribuye a la reducción del déficit habitacional con planes de amortización apropiados para cada rango de ingresos (Salas Rada, 2010).

Por lo anterior, es común que el Estado intervenga para fomentar la oferta de vivienda, dependiendo del crédito, fundamentalmente, debido a las altas cuantías necesarias para su adquisición, donde la capacidad adquisitiva de los ciudadanos o núcleo familiar impediría su compra directa (Urrutia & Namen, 2012). La Figura 67 expone el comportamiento de la demanda en las unidades de vivienda, según su estado en función de los montos crediticios solicitados.

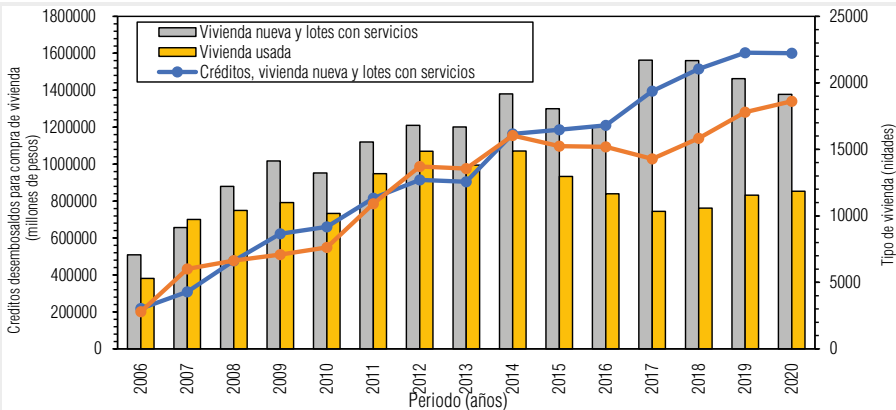


Figura 67. Comportamiento histórico de los créditos y unidades de vivienda en Colombia.

Fuente: elaboración propia a partir de datos del DANE.

La Figura 67 expone el crecimiento constante en la demanda de créditos de vivienda hasta el 2014, el cual es un hito anteriormente mencionado a causa del desplome mundial en los precios del petróleo. Esta coyuntura ha impactado la demanda de vivienda. Sin embargo, en Colombia se mitigó su efecto a través de políticas gubernamentales sustentadas en subsidios a la tasa de interés en créditos hipotecarios, generando un incremento en el número de licencias para el 2010 (Burgos Alba, 2020).

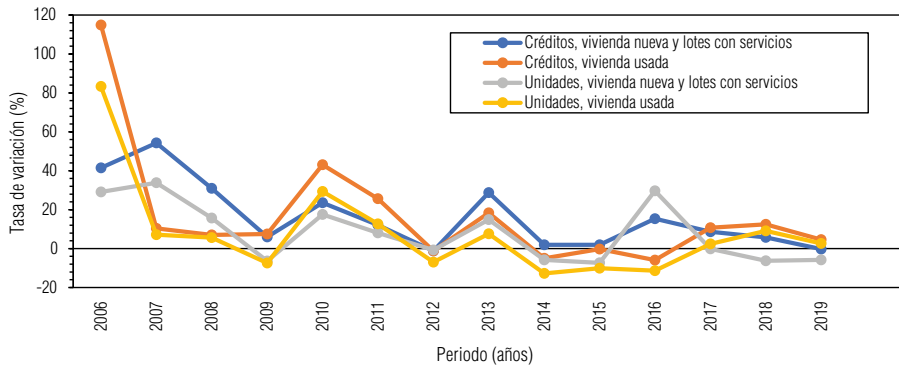


Figura 68. Variación anual en las unidades de vivienda financiadas por créditos hipotecarios en Colombia.

Fuente: elaboración propia a partir de datos del DANE.

Asimismo, la crisis del 2014 evidencia una caída en la demanda de vivienda y la posterior intervención gubernamental, mediante el subsidio a créditos de vivienda nueva y vivienda de interés social, observándose con mayor detalle en la Figura 68.

La Figura 68 expone la estrepitosa caída en la demanda de créditos y unidades de vivienda en el 2008 y su posterior recuperación, mediante a la intervención estatal a través del impulso en el crédito de vivienda VIS y no VIS (Urrutia & Namen, 2012). La vivienda No

VIS es de gran importancia debido a que ocupa aproximadamente el 60% de participación en el mercado. Mediante el lanzamiento de la política pública denominada cobertura de interés a través del Fondo de Reserva para la Estabilización de Cartera Hipotecaria (FRECH), se buscó dinamizar este mercado. Dicha política tuvo como finalidad subsidiar la tasa de interés cobrada por las entidades financieras en créditos hipotecarios o leasing habitacional para inmuebles nuevos durante los siete primeros años de vigencia de la obligación (Burgos Alba, 2020; República, 2017).

Sin embargo, se observa una reducción en las unidades de la demanda de vivienda a partir del 2017 y un aumento constante de los valores en los créditos, obedeciendo a la expansión en los desembolsos para la modalidad no VIS, causada por los incentivos del gobierno nacional, ampliando el valor de las viviendas financiables y la vigencia del FRECH no VIS. Lo anterior expone un ejemplo notorio de la intervención estatal en el mercado inmobiliario, el cual no ha podido contrarrestar la crisis económica en el sector de la construcción.

- **Análisis de componentes principales en los factores de la cartera de vivienda hipotecaria**

Al evaluar la demanda de concreto premezclado en el periodo 2011-2019, mediante el PCA, se generaron 10 dimensiones, exponiendo poca significancia en la varianza de las ocho últimas. Con el fin de abarcar la mayor cantidad de comportamientos y varianzas, son tomadas la dimensión uno y dos, según se expone en la Tabla 16.



Tabla 16. Valores propios en la demanda de cemento gris en Colombia.

Valores propios	Dim. 1	Dim. 2	Dim. 3	Dim. 4	Dim. 5	Dim. 6	Dim. 7	Dim. 8	Dim. 9	Dim. 10
<b>Varianza</b>	7.463	2.162	0.256	0.079	0.027	0.009	0.003	0.001	0.001	0
<b>Varianza (%)</b>	74.6	21.6	2.6	0.8	0.3	0.1	0.026	0.011	0.006	0
<b>Varianza acumulada (%)</b>	74.632	96.252	98.809	99.595	99.868	99.958	99.983	99.994	100	100

Fuente: elaboración propia.

La varianza en la dimensión uno corresponde al 74,6 y 2,16 en la dimensión dos, abarcando el 96,25% de la varianza total. Este valor se distribuye en las dimensiones restantes donde sus varianzas son poco significativas. Por lo tanto, al escoger y evaluar la contribución de los factores en la dimensión uno y dos, su aporte es heterogéneo, como se expone en la Figura 69 y la Figura 70.

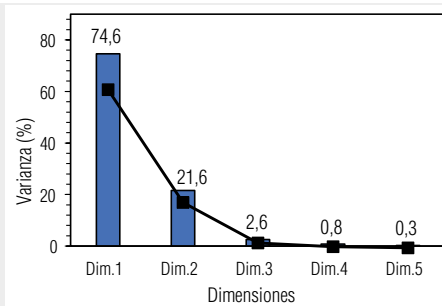


Figura 69. Porcentaje de varianzas en la cartera hipotecaria de vivienda.

Fuente: elaboración propia.

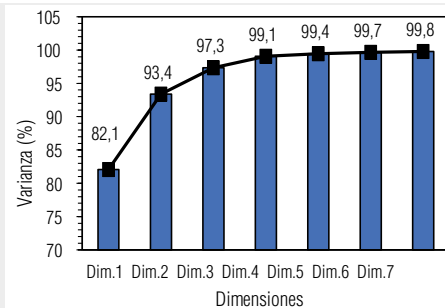
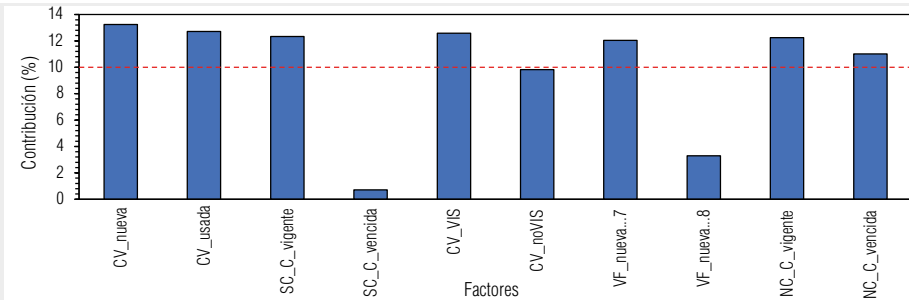


Figura 70. Porcentaje de varianza acumulada en la cartera hipotecaria de vivienda.

Al analizar las contribuciones de los factores en la dimensión uno, tres de estos contribuyen con valores menores al 10%. Los cuales se caracterizan por los cambios mencionados anteriormente, debido a los enfoques gubernamentales en cierto tipo de viviendas, lo cual cambia su comportamiento en el tiempo. Asimismo, el comportamiento de la cartera ha variado sustancialmente, junto con el saldo de car-

tera vencido, el cual ha cambiado según los demás factores que componen la dimensión uno. Así, estas tres variables sobresalen en la dimensión dos con una contribución mayor al 10%, resaltando el aporte del factor en vivienda no VIS en ambas dimensiones. La contribución de los factores en ambas dimensiones se expone en la Figura 71 y la Figura 72.



CV= Cartera de Vivienda; SC= Saldo de capital; C= Cartera; VF= viviendas financiadas; NC= Número de créditos

Figura 71. Contribución de los factores que componen la demanda de concreto premezclado en la dimensión uno.

Fuente: elaboración propia.

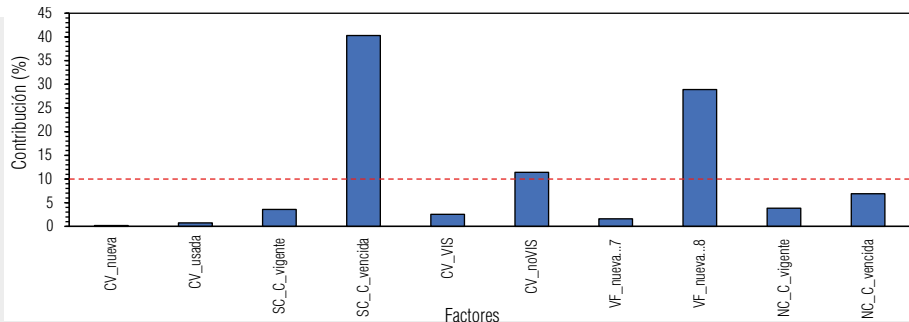


Figura 72. Contribución de los factores que componen la demanda de concreto premezclado en la dimensión dos.

Fuente: elaboración propia.

Las correlaciones entre la dimensión uno y dos se exponen en el gráfico de coordenadas X y Y, o círculo de correlación, mostrado en Figura 73. Este gráfico ilustra la diferencia en los factores mencionados anteriormente.

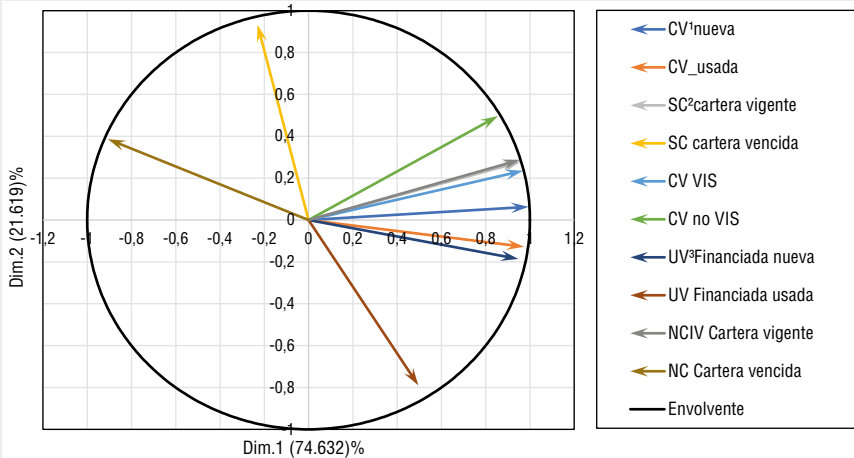


Figura 73. Círculo de correlaciones de la demanda del concreto premezclado.

Fuente: elaboración propia a partir de datos del DANE.

#### 4.5.4 Índices y precios

Los índices relacionados con el sector de la construcción sintetizan los valores periódicos medidos por el DANE, con el fin de brindar herramientas estadísticas ágiles y prácticas para el análisis de las condiciones de las variables que componen el sector de la construcción. Estos índices se obtienen a partir de la relación entre precios o cantidades producidas de uno o varios artículos, bienes o servicios, comparados en dos momentos del tiempo, de los cuales generalmente se toma un precio o cantidad actual y se compara con el del periodo de referencia para un artículo o una canasta.

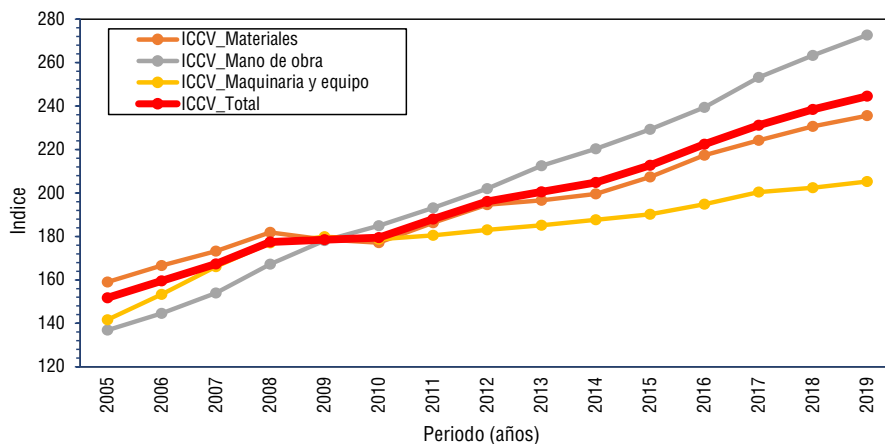


Figura 74. Desglose de las variables que componen el ICCV.

Fuente: elaboración propia a partir de datos del DANE.

En general, un índice resuelve el problema en la economía, al estimar la variación agregada de los precios o cantidades de una serie de artículos que tienen unidades de medida diferentes. Asimismo, permite medir la evolución de los precios de una canasta de insumos (Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE, 2009a, 2009b). Por lo tanto, el comportamiento en el rango de tiempo establecido debe ser coherente con los cambios en las dinámicas pormenorizadas de los bienes y servicios, evaluados directamente y que pueden ser considerados como una herramienta de validación y resumen de los factores coyunturales en el sector de la construcción. El ICCV, expuesto en la Figura 74, muestra los comportamientos genéricos de la canasta de insumos en materiales, maquinaria y equipos y mano de obra.

El ICCV expresa los cambios en el consumo de la canasta de bienes y servicios básicos en la construcción de vivienda, el cual muestra un crecimiento constante y prácticamente lineal, estableciendo valores

de  $R^2=0,9978$ . Asimismo, se correlaciona el ICCV con la capacidad del sector en la formulación de empleo mediante el incremento de la mano de obra en el subsector de edificaciones y vivienda.

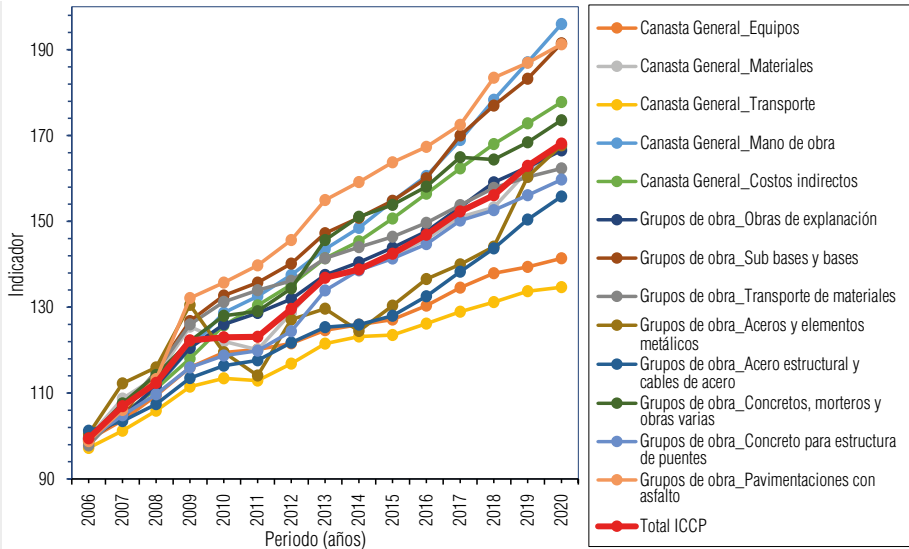


Figura 75. Desglose de la canasta y grupos de insumos que componen el ICCP.

Fuente: elaboración propia a partir de datos del DANE.

En contraste, la disminución del aporte de maquinaria y equipo en el indicador demuestran un rezago en metodologías innovadoras y útiles para la formulación de obras civiles de mayor envergadura, denotando el tradicional componente de mano de obra en la construcción de vivienda. Asimismo, el impacto de las crisis económicas se expone con mayor notoriedad en el 2008 y la posterior recuperación en el 2010, producto de políticas subsidiarias en la demanda de vivienda, junto con el 2014 con un impacto menor. Otro componente que expone el comportamiento del sector de la construcción es el ICCP, el cual denota el comportamiento del subsector de la construcción en obras civiles (puentes y carreteras).

- **Análisis de componentes principales en los indicadores relacionados con el sector de la construcción**

Al evaluar los indicadores relacionados con el sector de la construcción en el rango 2005-2019, mediante el PCA, se generaron 13 dimensiones, exponiendo poca significancia en la varianza de las últimas ocho. Con el fin de abarcar la mayor cantidad de comportamientos y varianzas, son tomadas la dimensión uno y dos, según se expone en la Tabla 17.

Tabla 17. Valores propios en los componentes de los indicadores relacionados con el sector de la construcción.

Valores propios	Dim 1	Dim 2	Dim 3	Dim 4	Dim 5	Dim 6	Dim 7	Dim 8	Dim 9	Dim 10	Dim 11	Dim 12	Dim 13
<b>Varianza</b>	32.16	1.06	0.39	0.15	0.13	0.05	0.01	0.009	0.008	0.005	0.002	0.001	0.001
<b>Varianza (%)</b>	94.59	3.11	1.15	0.45	0.39	0.16	0.04	0.028	0.023	0.014	0.006	0.003	0.002
<b>Varianza acumulada (%)</b>	94.59	97.71	98.87	99.32	99.72	99.88	99.92	99.953	99.97	99.99	99.99	99.998	100

Fuente: elaboración propia.

La Tabla 17 muestra la concentración de varianza en la dimensión uno y en menor medida en la dimensión dos, donde el 97,7% se concentra en estas dos primeras dimensiones. Este fenómeno se observa con mayor claridad en la Figura 76 y la Figura 77.

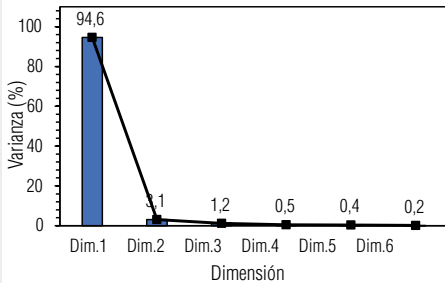


Figura 76. Porcentaje de varianzas en los indicadores del sector de la construcción.

Fuente: elaboración propia.

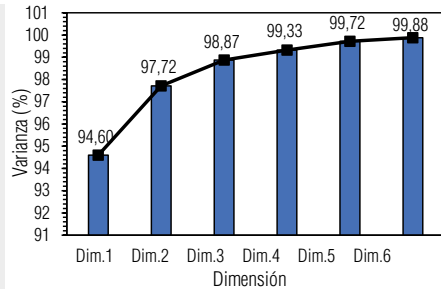


Figura 77. Porcentaje de varianza acumulada en los indicadores del sector de la construcción.

En paralelo, al realizar el análisis de las contribuciones en las dimensiones seleccionadas, se observan comportamientos similares en la mayoría de factores. En contraste con los indicadores en producción de importaciones y minería, estos sobresalen en la dimensión dos, junto con el ICCP relacionado con el grupo de obra de aceros en menor proporción. Estas comparaciones se observan en la Figura 78 y la Figura 79.

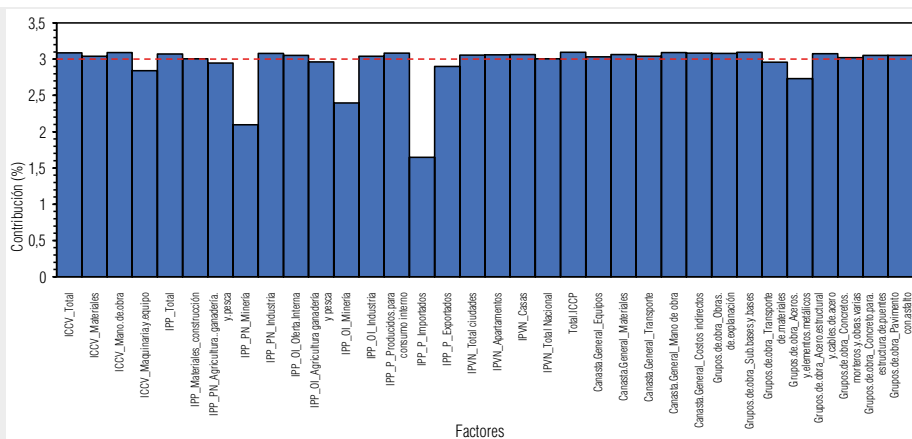


Figura 78. Contribuciones de los factores que componen los índices en la dimensión uno.

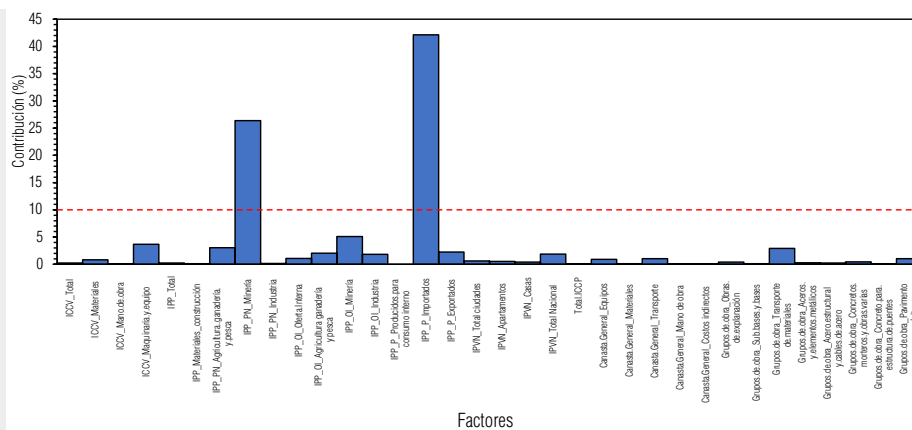


Figura 79. Contribuciones de los factores que componen los índices en la dimensión dos.

Fuente: elaboración propia a partir de datos del DANE.

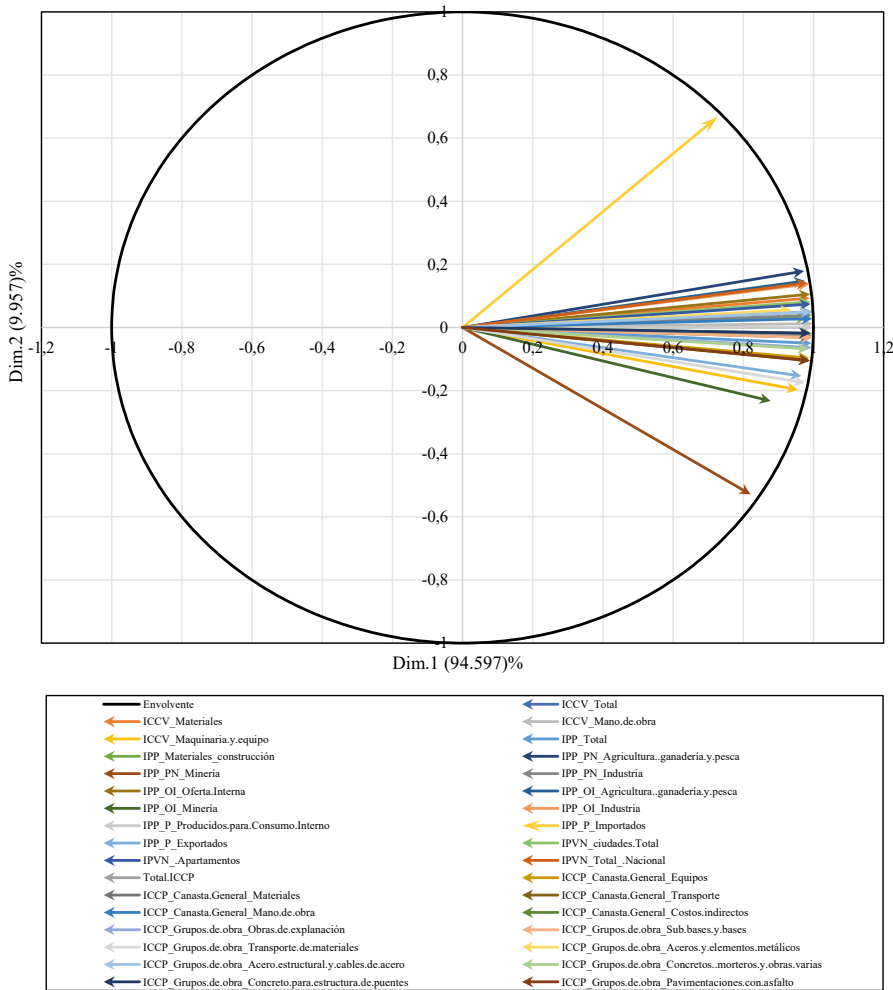


Figura 80. Correlaciones en la demanda de indicadores del sector de la construcción.

Fuente: elaboración propia a partir de datos del DANE.

Las anteriores variaciones en función de las dimensiones uno y dos se exponen en la gráfica de correlaciones, a través de un sistema de coordenadas mostradas en la Figura 80.



### 4.5.5 Factores resultantes del análisis de componentes principales

Posterior al cálculo de las contribuciones de todas las variables que conforman el sector de la construcción, estas se aplican a las variaciones retenidas por uno o dos componentes principales. Posteriormente, se calcula conforme a la constitución de la variable ( $x$ ) que compone el factor y su representatividad mediante PCA. Esta formulación se resume en la ecuación (1):

$$Factor = C_1x_1 + C_1x_2 + C_1x_3 + \dots \dots C_1x_n + \sum_{i=1}^n C_1x_n \quad (1)$$

Donde

C= valor que acompaña al factor

Tabla 18. Valores propios de los factores resultantes.

Valores propios	Dim.1	Dim.2	Dim.3	Dim.4	Dim.5	Dim.6	Dim.7
Varianza	10.558	2.695	0.378	0.236	0.076	0.038	0.014
Varianza (%)	75.416	19.253	2.697	1.688	0.544	0.271	0.099
Varianza acumulada (%)	75.416	94.67	97.367	99.055	99.6	99.871	99.97

Fuente: elaboración propia.

Los nuevos factores que envuelven aquellos depurados por el PCA vuelven a analizarse por esta metodología, arrojando los valores propios, debido a su mayor contribución en las dimensiones uno y dos, como se expone en la Tabla 18.

Estas variaciones se exponen con mayor detalle en la Figura 81 y la Figura 82.

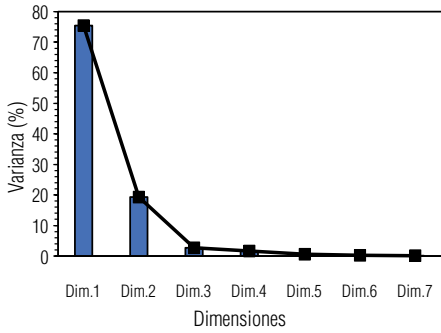


Figura 81. Porcentaje de varianzas en la compilación de factores del sector de la construcción.

Fuente: elaboración propia.

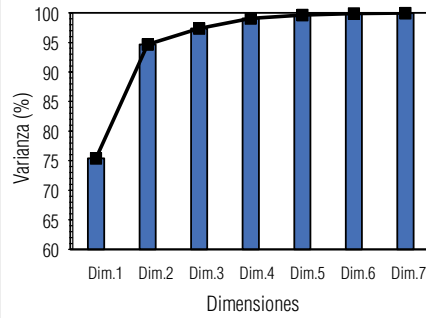


Figura 82. Porcentaje de varianza acumulada en la compilación de factores del sector de la construcción.

Las contribuciones realizadas por la compilación de factores en la dimensión uno y dos exponen similitudes en la primera dimensión, a excepción de los factores que mayor contribuyen por una gran diferencia en la dimensión dos, según se exponen en la Figura 83 y la Figura 84.

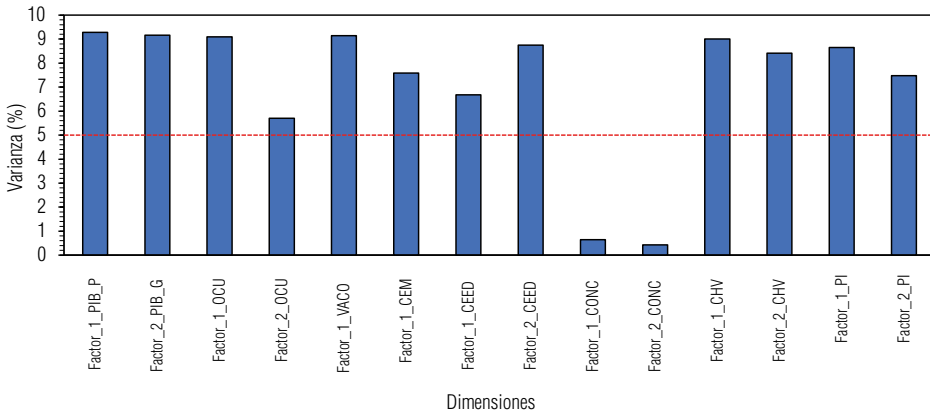


Figura 83. Contribuciones de los factores compilados en la dimensión uno.

Fuente: elaboración propia.

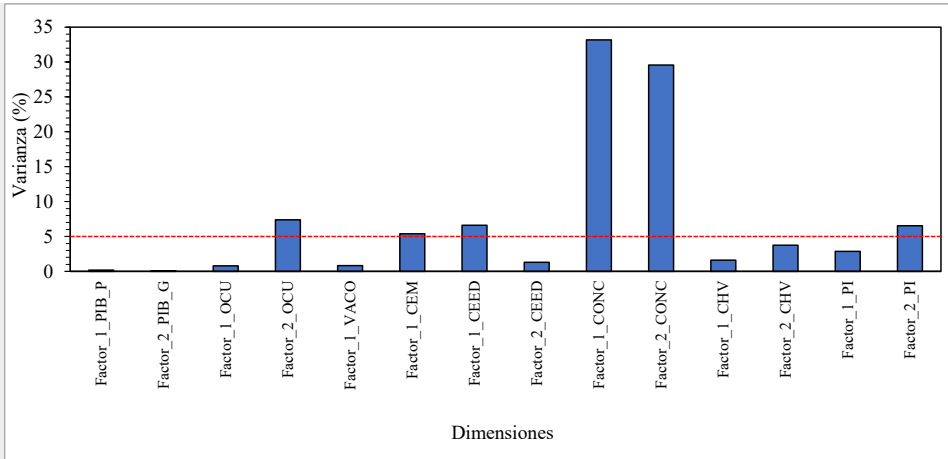


Figura 84. Contribuciones de los factores compilados en la dimensión uno.

Fuente: elaboración propia.

El círculo de correlaciones, expresado en la Figura 85, expone estas diferencias mediante un sistema de coordenadas X-Y.

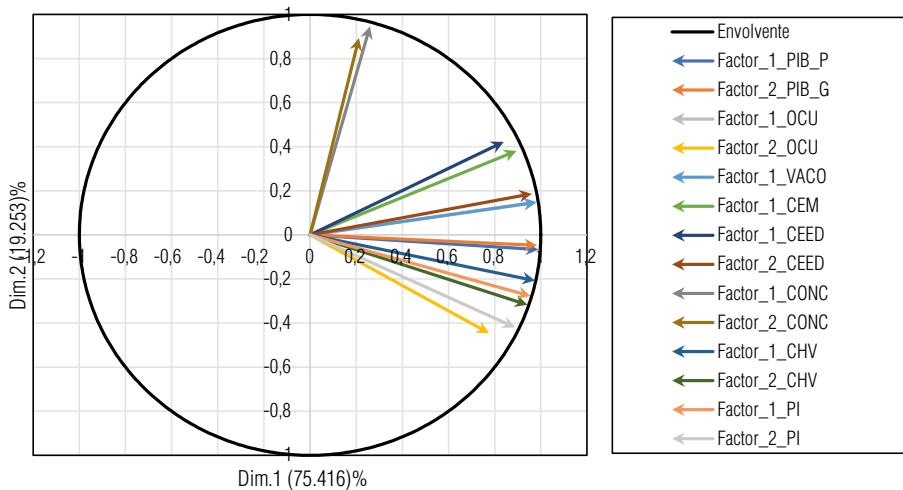


Figura 85. Círculo de correlaciones entre factores externos relacionados al sector de la construcción.

Fuente: elaboración propia a partir de datos del DANE.

La Figura 85 permite visualizar la vinculación existente entre algunos factores, los cuales contribuyen a las primeras dimensiones o PC. No obstante, estas tienen el mismo peso o ubicaciones muy cercanas entre sí, lo cual denota una alta correlación. Por lo tanto, al evaluar el comportamiento conjunto de las variables, es necesario depurar aquellos factores que poseen similitudes y escoger aquellas que aportan una mayor información a la presente investigación.

#### 4.5.6 Selección de variables representativas

Con el fin de reflejar la similitud o diferencias de las variables externas relacionadas con el sector de la construcción, se realizó una matriz correlacional a partir del cálculo de distancias euclídeas o distancia geométrica, relacionando los puntos del espacio n-dimensional y comparándolas entre sí. Este método es utilizado para reflejar las distancias apropiadas y agrupación de variables con similitud en contribución, basadas generalmente en la superposición, el alcance y la dispersión de los datos brutos no transformados por el PCA. Esta metodología es útil para reproducir la varianza total entre un gran número de variables, utilizando un número mucho menor de las mismas (Bankó & Abonyi, 2012; Peterson, 2003). Así, la matriz de correlación ilustrada en la Tabla 19 expone las distancias euclídeas calculadas a partir de las coordenadas, formuladas mediante la transformación de las variables originales en sus PC.

Tabla 19. Matriz de correlación por distancias euclídeas entre los principales factores externos relacionados con los IEAC.

COORDENADAS		FACTORES															
		Factor 1 PIB Producción	Factor 1 PIB Gastos	Factor 1 Ocupación	Factor 2 Ocupación	Factor1 valor agregado construcción	Factor 1 Cemento gris	Factor 1 Edificaciones	Factor 2 Edificaciones	Factor 1 Concreto	Factor 2 Concreto	Factor 1 Créditos vivienda	Factor 2 Créditos vivienda	Factor 1 Indicadores	Factor 2 Indicadores		
DIMENSIONES	Dim.1	9.28	9.17	9.09	5.7	9.14	7.58	6.68	8.75	0.64	0.42	9.01	8.41	8.65	7.48		
	Dim.2	0.17	0.08	0.8	7.38	0.82	5.38	6.61	1.29	33.2	29.6	1.6	3.73	2.86	6.54		
FACTORES	Factor 1 PIB Producción	9.28	0.17	0	0.073	0.150	0.430	0.504	0.666	0.883	0.979	1.78	2.62	2.70	2.82	2.92	3.08
	Factor 1 PIB Gastos	9.17	0.08	0.073	0	0.077	0.357	0.431	0.593	0.810	0.906	1.70	2.55	2.63	2.74	2.84	3.01
	Factor 1 Ocupación	9.09	0.8	0.150	0.077	0	0.281	0.360	0.516	0.733	0.829	1.63	2.47	2.55	2.67	2.77	2.94
	Factor 2 Ocupación	5.7	7.38	0.430	0.357	0.281	0	0.487	0.473	0.580	0.918	1.35	2.19	2.67	2.72	2.85	2.88
	Factor1 valor agregado construcción	9.14	0.82	0.504	0.431	0.360	0.487	0	0.162	0.379	0.474	1.27	2.12	2.20	2.31	2.41	2.58
	Factor 1 Cemento gris	7.58	5.38	0.666	0.593	0.516	0.473	0.162	0	0.217	0.445	1.11	1.95	2.20	2.25	2.37	2.42
	Factor 1 Edificaciones	6.68	6.61	0.883	0.810	0.733	0.580	0.379	0.217	0	0.338	0.89	1.74	2.09	2.14	2.27	2.30
	Factor 2 Edificaciones	8.75	1.29	0.979	0.906	0.829	0.918	0.474	0.445	0.338	0	0.80	1.64	1.75	1.84	1.94	2.11
	Factor 1 Concreto	0.64	33.2	1.775	1.703	1.626	1.345	1.271	1.109	0.892	0.797	0	0.84	2.36	2.41	2.53	2.57
	Factor 2 Concreto	0.42	29.6	2.620	2.547	2.471	2.190	2.116	1.954	1.737	1.642	0.845	0	1.608	1.657	1.784	1.818
	Factor 1 Créditos vivienda	9.01	1.6	2.702	2.629	2.552	2.670	2.197	2.196	2.090	1.751	2.357	1.608	0	0.114	0.215	0.383
	Factor 2 Créditos vivienda	8.41	3.73	2.816	2.743	2.666	2.719	2.312	2.245	2.139	1.837	2.406	1.657	0.114	0	0.127	0.269
	Factor 1 Indicadores	8.65	2.86	2.917	2.844	2.767	2.846	2.413	2.372	2.266	1.938	2.533	1.784	0.215	0.127	0	0.168
	Factor 2 Indicadores	7.48	6.54	3.085	3.012	2.935	2.880	2.581	2.419	2.300	2.106	2.567	1.818	0.383	0.269	0.168	0

Fuente: elaboración propia.

Las correlaciones realizadas por distancias euclídeas en conjunto con la evaluación y el aporte de las contribuciones en la primera dimensión generaron una reducción de variables focalizadas en cinco grupos compilados, mediante la información histórica diferenciada en los indicadores del IEAC, considerando aquellas distancias euclídeas con valores escalares menores a 0,5 y verificadas en la matriz de Pearson, ilustrada en la Tabla 20, la cual normaliza las correlaciones identificadas.

Tabla 20. Matriz de correlación de Pearson de los factores de los IEAC.

Factor 1 PIB Producción	1	1	1	0,98	0,96	0,93	0,86	0,79	0,41	-0,62	-0,9	-0,91	-0,91	-0,92
Factor 1 PIB Gastos	1	1	1	0,98	0,96	0,93	0,87	0,8	0,41	-0,62	-0,9	-0,91	-0,91	-0,92
Factor 1 Ocupación	1	1	1	0,98	0,97	0,94	0,88	0,82	0,43	-0,61	-0,9	-0,91	-0,91	-0,92
Factor 2 Ocupación	0,98	0,98	0,98	1	0,97	0,96	0,92	0,84	0,54	-0,5	-0,94	-0,94	-0,94	-0,95
Factor1 Valor agregado construcción	0,96	0,96	0,97	0,97	1	0,99	0,96	0,91	0,54	-0,51	-0,87	-0,88	-0,88	-0,89
Factor 1 Cemento gris	0,93	0,93	0,94	0,96	0,99	1	0,98	0,94	0,6	-0,43	-0,87	-0,87	-0,88	-0,88
Factor 1 Edificaciones	0,86	0,87	0,88	0,92	0,96	0,98	1	0,97	0,7	-0,31	-0,84	-0,85	-0,85	-0,85
Factor 2 Edificaciones	0,79	0,8	0,82	0,84	0,91	0,94	0,97	1	0,72	-0,25	-0,75	-0,76	-0,77	-0,78
Factor 1 Demanda concreto	0,41	0,41	0,43	0,54	0,54	0,6	0,7	0,72	1	0,4	-0,67	-0,67	-0,68	-0,67
Factor 2 Demanda concreto	-0,62	-0,62	-0,61	-0,5	-0,51	-0,43	-0,31	-0,25	0,4	1	0,3	0,3	0,28	0,3
Factor 1 Créditos vivienda	-0,9	-0,9	-0,9	-0,94	-0,87	-0,87	-0,84	-0,75	-0,67	0,3	1	1	1	0,99
Factor 2 Créditos vivienda	-0,91	-0,91	-0,91	-0,94	-0,88	-0,87	-0,85	-0,76	-0,67	0,3	1	1	1	0,99
Factor 1 Indicadores	-0,91	-0,91	-0,91	-0,94	-0,88	-0,88	-0,85	-0,77	-0,68	0,28	1	1	1	1
Factor 2 Indicadores	-0,92	-0,92	-0,92	-0,95	-0,89	-0,88	-0,85	-0,78	-0,67	0,3	0,99	0,99	1	1

Fuente: elaboración propia.

Con base en estas condiciones, es posible establecer una confianza y diferenciación notable de los factores evaluados y escogidos, considerando las diversas perspectivas que pueden influir en la permanencia empresarial y las complejas variables que lo componen. Por lo anterior, se encontraron 4 grupos con similitudes sustanciales, resumidas a continuación:

- **Grupo 1**

Se encuentran los factores que integran el indicador macroeconómico, definidos como PIB desde un enfo-

que de producción, PIB desde un enfoque de gastos, ocupación y el VAC. Este último integra una de las ramas principales de la economía colombiana y hace parte intrínsecamente de la presente investigación. A su vez es el factor con mayor distancia euclídea. El factor ocupación se divide en dos factores. Sin embargo, al evaluar su varianza, ésta se encuentra prácticamente agrupada en casi su totalidad en la primera dimensión desde el 82% al 95,8%.

Por lo tanto, se escogen dos factores que agrupan el indicador macroeconómico. Estos son el PIB producción debido a que este factor se conforma a partir del valor total de bienes y servicios producidos. Los cuales el sector de la construcción genera directamente, junto con el factor correspondiente al VAC como diferenciador que evalúa específicamente el sector de la construcción.

- **Grupo 2**

En este conjunto de factores se integra el indicador de oferta, conformado por el cemento gris y construcción de edificaciones. Este último con sus dos respectivas dimensiones. Sin embargo, la dimensión uno contribuye con el 57,1% y 5,1% para la dimensión dos en la construcción de edificaciones. Asimismo, la dimensión uno aporta el 86,5% de la varianza en la oferta del cemento gris. La construcción de edificaciones, pese a distribuir su varianza en dos dimensiones significativas, las distancias euclídeas y Pearson denotan una alta correlación.

Por lo anterior, se ha seleccionado un solo factor en representación del indicador de oferta, correspondiente

a la construcción de edificaciones. Asimismo, estos dos factores se encuentran implícitos dentro del sector de la construcción o subsectores. Lo cual denota una importancia latente de este factor en la mayoría de ocupados del sector, con 987 mil empleos directos a inicios de 2020 y que ha concentrado históricamente el 60% del empleo total.

- **Grupo 3**

Corresponde a las contribuciones realizadas por la demanda de concreto en sus dos factores. Esta selección se realiza con base en la similitud de contribuciones en las dos dimensiones seleccionadas, pese a contar con una distancia mayor a 0,5 (0,84 de distancia euclídea). De este modo, se escoge solo el “*Factor 1 concreto*” que representa las varianzas mayoritarias encontradas en la dimensión en este grupo.

- **Grupo 4**

Este grupo corresponde a los factores que integran el indicador de demanda, representado por la demanda del concreto premezclado y la cartera hipotecaria de vivienda. Este último desglosado en dos factores. Como se observa en la matriz de correlación, las distancias euclídeas en todo el grupo de la cartera hipotecaria de vivienda son menores a 0,5. Por lo tanto, se escoge un solo factor relacionado con la dimensión uno como representativo de este grupo.

De modo que, el número de factores se ha reducido de catorce (14) a cinco (5), ratificados por la matriz de distancias euclídeas, matriz de correlación de Pearson, los PC identificados y su contribución. Estos representan



aquellos factores que integran similares fenómenos y permiten resumir en menor cantidad de variables, junto con su importancia en el sector de la construcción.

#### 4.5.7 Formulación de factores externos claves del sector de la construcción

Con base en los resultados del análisis de componentes principales, se formulan dos indicadores compuestos a partir de la información resultante e integrada en la dimensión uno y dimensión dos. Asimismo, las contribuciones depuradas representan los indicadores y variables pertenecientes al IEAC, integradas en la ecuación (2).

$$n \text{ factores externos en el sector de construcción} = \text{Macroeconómico} + \text{Oferta} + \text{Demanda} \quad (2)$$

La ecuación anterior se desglosa e incluye las variables que integran los IEAC resultantes del PCA y posterior depuración mediante matrices de correlación, estableciendo las ecuaciones (3) y (4) expuestas a continuación.

<i>Factor</i>	<i>Macroeconómico</i>	<i>Oferta</i>	<i>Demanda</i>
⏟	⏟	⏟	⏟

$$\text{Factor 1 Externo construcción} = 9,2 \cdot \text{PIB Producción} + 9,1 \cdot \text{VAC} + 6,6 \cdot \text{CEED} + 0,6 \cdot \text{Demanda concreto} + 9,0 \cdot \text{CHV} \quad (3)$$

$$\text{Factor 2 Externo construcción} = 0,1 \cdot \text{PIB Producción} + 0,8 \cdot \text{VAC} + 6,6 \cdot \text{CEED} + 33,1 \cdot \text{Demanda concreto} + 1,6 \cdot \text{CHV} \quad (4)$$

Las constantes que integran cada variable para los factores construidos representan la contribución dentro del componente principal o dimensión resultante del PCA y posterior evaluación por correlación entre distancias euclídeas y Pearson. Por lo anterior, solo se requerirían los factores resultantes expuestos en las ecuaciones (3) y (4) para el estudio del sector de la construcción y los cambios en la economía colombiana, ya que estos factores integran la gran variedad de

componentes evaluados sin pérdida de información de las dinámicas económicas en el periodo evaluado. En razón de esto, este procedimiento, junto con los factores resultantes, es sometido a pruebas de validación.

#### **4.5.8 Resultados de la validación del modelo establecido por PCA**

Para verificar la adecuación del muestreo, se realizaron las pruebas KMO y esfericidad de Bartlett, para la satisfactoria comprobación de idoneidad en los resultados del PCA, a partir de la evaluación de los factores económicos integrados en los IEAC y la formulación de los modelos predictivos mediante la reducción de la dimensionalidad, al proyectar cada valor de información en los primeros componentes principales. Lo anterior para obtener datos con menores dimensiones, conservando la mayor cantidad posible de variación de los datos. Estos resultados se exponen en la Tabla 21.

Los resultados obtenidos mediante la prueba de esfericidad Bartlett muestran que el valor  $p$  se aproxima a 0. Por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa ( $H_1$ ) y expone la significancia existente de la correlación entre las variables y la validez del PCA implementado. Asimismo, el resultado global de la medida en la adecuación del muestreo (MSA) mediante prueba KMO expone valores de MSA mayores a 0,50. Por lo anterior y con base en la escala formulada por diferentes investigaciones, se establece que los resultados entre 0,7 y 0,8 son buenos (Field, 2018). Esto último permite establecer que la realización y resultados del PCA son justificados y adecuados.

Tabla 21. Resultados de la prueba de esfericidad de Bartlett y KMO.

Factor	KMO		Prueba de esfericidad de Bartlett		
	MSA global	MSA/factor	$\chi^2$	valor p	Grados de libertad
Factor 1, PIB Producción		0,55			
Factor 1, PIB Gastos		0,75			
Factor 1, Ocupación		0,45			
Factor 2, Ocupación		0,85			
Factor 1, valor agregado construcción		0,5			
Factor 1, Cemento gris	0.73	0,73	599,0414	$8,72 \times 10^{-76}$	91
Factor 1, Edificaciones		0,92			
Factor 2, Edificaciones		0,58			
Factor 1, Concreto		0,87			
Factor 2, Concreto		0,5			
Factor 1, Créditos vivienda		0,85			
Factor 2, Créditos vivienda		0,65			

Fuente: elaboración propia.

