

**VERIFICACIÓN ESTADÍSTICA DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN
PLANOS CONSTRUCTIVOS DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA
EDUCATIVA**

**RODRIGO CADENA FLÓREZ
GLORIA ESTEFANÍA RUEDA GARCÍA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2017

**VERIFICACIÓN ESTADÍSTICA DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN
PLANOS CONSTRUCTIVOS DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA
EDUCATIVA**

**RODRIGO CADENA FLÓREZ
GLORIA ESTEFANÍA RUEDA GARCÍA**

**Trabajo de grado para optar al título de
Ingeniero civil**

Director

**GUILLERMO MEJÍA AGUILAR
Ingeniero civil, PhD**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2017

A dios primeramente por darme la fuerza y la voluntad para poder culminar con éxitos esta etapa de mi vida

A mis padres Luz Mary Flórez y Rodrigo Cadena por el gran esfuerzo que hicieron para sacarme adelante y los sacrificios que tuvieron que vivir para poder cumplir este sueño de ser Ingeniero Civil.

A mi hermano Anyon Fabián Cadena y a mi abuela Julia Celsa Barrera por el apoyo diario y continuo durante mi proceso de formación, además de mis familiares.

A mis amigos por su compañía, sus palabras durante los momentos difíciles y por el arduo trabajo de tener que entenderme, en especial a Iván Santiago Cardozo, Carolina Urquijo, Lizeth Cardenas, Cindy Paola y Karol Vanessa.

A la Universidad Industrial de Santander en especial la oficina de Secretaría General, por el constante apoyo y acompañamiento en mi formación como persona.

A mi compañera de proyecto Estefanía por su trabajo y su esfuerzo en el desarrollo de este proyecto.

Rodrigo Cadena Flórez

Noviembre 14 de 2017

*A Dios primeramente por cada día de oportunidad para vivir en el que no me ha abandonado,
he visto su obra en mi vida y aún falta por escribir páginas gloriosas en mi vida.*

*A mis padres Gerardo Rueda Tapias y Gloria Stella García por su fortaleza, acompañamiento
y ayuda para poder cumplir con mis metas sacrificando comodidades, parte de su vida para
formar una persona con valores y principios que me hacen un buen ser humano, y mostrarles
que su esfuerzo no fue en vano.*

*A mis familiares y amigos especialmente Lina salamanca por el consejo sabio en los momentos
de dificultad participando directa o indirectamente en esta meta culminada.*

*A Andrés Pérez, por su acompañamiento y apoyo en los momentos que pensé rendirme, por su
ayuda en muchas etapas de mi vida, compartiendo buenos y malos momentos, su confianza en
mí, hoy comparto la realización de este sueño.*

A mi compañero Rodrigo Cadena por su trabajo y esfuerzo en el desarrollo de este proyecto

Gloria Estefanía Rueda García

Noviembre 14 de 2017

CONTENIDO

| | Pág. |
|---|------|
| INTRODUCCIÓN | 15 |
| 1. OBJETIVOS | 16 |
| 1.1 OBJETIVO GENERAL..... | 16 |
| 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 16 |
| 2. MARCO TEÓRICO | 17 |
| 2.1 PAQUETE DE INFORMACIÓN..... | 17 |
| 2.1.1 Localización..... | 17 |
| 2.1.2 Despiece | 18 |
| 2.1.3 Detalle | 18 |
| 2.1.4 Especificaciones..... | 18 |
| 2.2 DELIMITACIÓN DEL PAQUETE DE INFORMACIÓN | 19 |
| 2.3 ÁREA DEL PAQUETE | 19 |
| 2.4 ÁREA EQUIVALENTE DEL PAQUETE | 19 |
| 2.5 LAS ESCALAS | 19 |
| 2.6 ÁREA BRUTA | 20 |
| 2.7 ÁREA ÚTIL..... | 20 |
| 2.8 ÁREA NETA | 20 |
| 2.9 OBJETO DE INFORMACIÓN..... | 20 |
| 2.10 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA..... | 21 |
| 2.11 MEDIDAS DE POSICIÓN PARA DATOS AGRUPADOS Y NO AGRUPADOS | 21 |
| 2.12 CUARTILES | 21 |
| 2.13 DESVIACIÓN ESTÁNDAR..... | 21 |
| 2.14 COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN | 22 |
| 3. METODOLOGÍA | 22 |
| 3.1 FASE 1 | 22 |

| | |
|--|----|
| 3.2 FASE 2 | 22 |
| 3.3 FASE 3 | 23 |
| 3.4 FASE 4..... | 23 |
| 4. RESULTADOS GENERALES..... | 24 |
| 4.1 INFORMACIÓN SOBRE LOS PROYECTOS | 24 |
| 4.2 INFORMACIÓN GENERADA EN PLANOS | 27 |
| 4.3 INFORMACIÓN PRESENTADA EN PAQUETES | 30 |
| 5.CONCLUSIONES | 36 |
| 6.REFERENCIAS | 37 |
| BIBLIOGRAFIA | 38 |
| ANEXOS | 39 |

LISTA DE TABLAS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Tabla 1 Escalas comunes en planos de diseño | 19 |
| Tabla 2 Escalas estándar propuestas..... | 20 |
| Tabla 3 Estadísticas de la información de proyectos | 24 |
| Tabla 4 Información de proyectos clasificado por área | 25 |
| Tabla 5 Información de proyectos clasificado por niveles..... | 26 |
| Tabla 6 Estadística de la información en planos..... | 27 |
| Tabla 7 Índices de representación gráfica | 27 |
| Tabla 8 Información por planos clasificado por área de diseño | 28 |
| Tabla 9 Información por planos clasificado por niveles..... | 29 |
| Tabla 10 Estadísticas de los tipos de paquetes | 30 |
| Tabla 11 Estadísticas de los índices..... | 30 |
| Tabla 12 Estadísticas de las áreas equivalentes por familia de objetos | 31 |
| Tabla 13 Estadísticas de los índices de área equivalente | 31 |

LISTA DE FIGURAS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Figura 1 Paquete de información | 17 |
| Figura 2 Paquete de localización..... | 17 |
| Figura 3 Paquete de despiece | 18 |
| Figura 4 Paquete de detalle | 18 |
| Figura 5 Notas y especificaciones | 18 |
| Figura 6 Relación de complejidad Vs área de diseño | 26 |
| Figura 7 Relación de complejidad Vs No de paquetes | 29 |
| Figura 8 Predictores del área equivalente – cimentación | 32 |
| Figura 9 Predictor del área equivalente – columnas | 32 |
| Figura 10 Predictor del área equivalente – Vigas | 33 |
| Figura 11 Proporciones de paquetes por área de diseño | 33 |
| Figura 12 Proporciones de paquetes por niveles de diseño | 34 |
| Figura 13 Proporciones de área equivalente de objetos por área de diseño | 35 |
| Figura 14 Proporciones de área equivalente de objetos por niveles construidos .. | 35 |

LISTA DE ANEXOS

| | Pág. |
|--|-------------|
| ANEXO A Modelo formato recolección de datos por plano (10) | 39 |
| ANEXO B Modelo resumen por proyecto | 40 |
| ANEXO C Área neta y área equivalente por paquetes | 41 |
| ANEXO D Número de paquetes/ objeto..... | 42 |
| ANEXO E Número de tipos / objeto | 43 |
| ANEXO F Número de objetos | 44 |
| ANEXO G Resumen de proyectos..... | 45 |
| ANEXO H Área neta y área equivalente de proyectos..... | 46 |
| ANEXO I Número de paquetes en proyectos | 47 |
| ANEXO J Número de tipos en proyectos | 48 |
| ANEXO K Número de objetos en proyectos | 49 |

RESUMEN

TÍTULO: VERIFICACIÓN ESTADÍSTICA DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN PLANOS CONSTRUCTIVOS DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA. *

AUTOR (ES): RODRIGO CADENA FLOREZ **

GLORIA ESTEFANÍA RUEDA GARCÍA **

PALABRAS CLAVE: Paquetes de información, Escalas, Área neta, Área equivalente.

DESCRIPCIÓN:

Los sobrecostos que se generan en un proyecto es uno de los factores más importantes a tratar durante la realización de la obra dado que afecta la calidad de diseño del proyecto, ocasionados por información errónea, confusa y ausencia de la misma a la hora de interpretar los planos, en muchas ocasiones se genera atrasos en las obras y causan un aumento inesperado en el presupuesto. Esta problemática se ha venido presentado por la falta de eficiencia y eficacia en la gestión de los proyectos, se puede afirmar que una documentación clara, sin omisión de información y un excelente diseño contribuyen a la realización de un buen proyecto sin que se presenten mayores contratiempos, pocos estudios se han dedicado a poder cuantificar la información en los planos en los que no se ha encontrado un sistema para realizarlo y poder tener un control.

En el presente proyecto se realizó una verificación cualitativa y cuantitativa a 11 proyectos ubicados en el departamento de Santander, teniendo en cuenta la clasificación definida a observar en los planos de cada proyecto, los cuales fueron utilizados para realizar el resumen estadístico y posterior análisis en el que se realiza un comparativo teniendo en cuenta la información del proyecto de investigación de maestría titulado “Entropía como indicador de Incertidumbre en Diseño de Proyectos de Construcción” de la escuela de ingeniería civil de la Universidad industrial de Santander

*Trabajo de grado

**Facultad de Ingenierías Físico – Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Guillermo Mejía Aguilar, Ingeniero Civil, PhD

ABSTRACT

TITLE: STATISTICAL VERIFICATION OF THE INFORMATION CONTAINED IN CONSTRUCTIVE PLANS OF EDUCATIONAL INFRASTRUCTURE PROJECTS. *

AUTHOR (S): RODRIGO CADENA FLOREZ **

GLORIA ESTEFANÍA RUEDA GARCÍA **

KEY WORDS: Information packages, Scales, Net area, Equivalent area.

DESCRIPTION:

The cost overruns that are generated in a project is one of the most important factors to deal with during the execution of the project, since it affects the quality of the design of the project, caused by erroneous information, confused and absence of it when interpreting the plans, in many cases generates delays in the works and cause an unexpected increase in the budget. Problematic has been presented by the lack of efficiency and effectiveness in the management of projects, it can be said that a clear documentation, without omission of information and an excellent design contribute to the realization of a good project without major setbacks, few studies have been dedicated to be able to quantify the information in the planes in which a system has not been found to carry it out and to have control.

In the present project, a qualitative and quantitative verification was carried out on 11 projects located in the department of Santander, taking into account the defined classification to be observed in the plans of each project, which were used to perform the statistical summary and subsequent analysis in the that a comparison is made taking into account information from the master's research project entitled "Entropy as an indicator of Uncertainty in Design of Construction Projects" of the civil engineering school of the Industrial University of Santander.

*Trabajo de grado

**Facultad de Ingenierías Físico – Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Guillermo Mejía Aguilar, Ingeniero Civil, PhD

INTRODUCCIÓN

En el sector de la construcción los casos de sobrecostos, errores y retrasos son numerosos los cuales generan consecuencias en la calidad del diseño y de la obra entregada.

Entre los factores que generan el sobrecosto está la etapa de diseño; en esta etapa se originan cambios, errores y omisiones en la información, lo que ocasiona confusiones y mala calidad de la misma alejándonos de obtener planos con un nivel de detalle adecuado para llevar a cabo un proyecto con éxito.

La influencia de la etapa de diseño en los resultados de los proyectos, tanto económica como técnicamente es extremadamente importante. Numerosos autores indican que, en el diseño, la planificación y el control son sustituidos por caos e improvisación, causando: mala comunicación, falta de documentación adecuada, ausente o deficiente información de entrada, desequilibrada asignación de recursos, falta de coordinación entre disciplinas y errática toma de decisiones.[3]

Para poder realizar un control en la gestión de diseño es necesario un método que permita medir cuantitativamente la información encontrada en los planos. Investigadores de la industria recomiendan coordinar y controlar esa documentación de manera que produzca planos con detalles correctos y completos, con todas sus especificaciones. [1].

Para hacer un control a la información se realiza una caracterización de la misma de acuerdo al objeto y tipología según el elemento estructural y teniendo clasificada esta información, se efectúa el análisis estadístico a parámetros como área, tipología, número de objetos, niveles entre otros.

1.OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Verificar y ajustar cuantitativamente la caracterización de los planos constructivos de acuerdo al objeto y tipología de información que maneja según el elemento estructural que representa.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar y ajustar cuantitativamente la caracterización de los planos constructivos de acuerdo al objeto y tipología de información que maneja según el elemento estructural que representa
- Redefinir los paquetes de información y establecer la importancia de los mismos con el fin de realizar un análisis más detallado de los planos a estudiar
- Hacer un resumen estadístico de la información revisada

2. MARCO TEÓRICO

Con el fin de entender mejor los parámetros que se tuvieron en cuenta para hacer la verificación de la información, cuantificar y categorizar a continuación se realiza

2.1 Paquete de información

Corresponde a un recuadro de dibujo que contiene los componentes necesarios para transmitir información de un objeto dado. Se considera como la unidad básica de transferencia de información en planos de diseño [2].

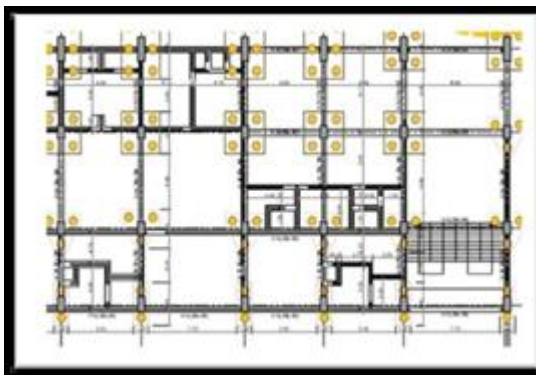
Figura 1. Paquete de Información



Los paquetes de información se clasifican según su funcionalidad en:

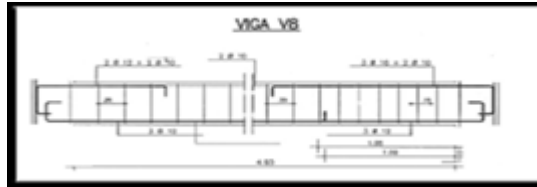
2.1.1 Localización: expresa información espacial de objetos individuales en el conjunto general del sistema estructural [2].

Figura 2. Paquete de localización



2.1.2 Despiece: Es aquél en que se representan todas y cada una de las piezas constitutivas de un conjunto, en este caso un objeto estructural. [2]

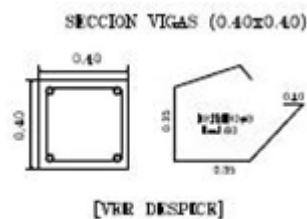
Figura 3. Paquete de Despiece



2.1.3 Detalle: Representaciones de una zona concreta de un objeto estructural o no estructural.

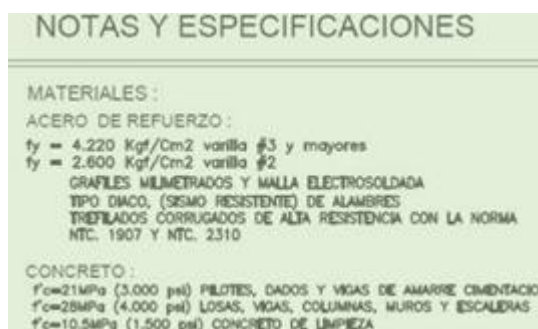
Los paquetes de detalles incluyen información de la distribución interna del refuerzo de los mismos. Sirven además para indicar a quien vaya a construir la obra cómo debe ejecutar algunos trabajos relacionados con puntos singulares o no comunes. [2]

Figura 4. Paquete de Detalle



2.1.4 Especificaciones: Contiene la información que se refiere a las condiciones y requisitos que deben cumplir los materiales, elementos y procedimientos utilizados en la ejecución de cada actividad del proyecto. [2]

Figura 5. Notas y especificaciones



Para realizar la medida y comparación de los paquetes se realizó mediante los siguientes conceptos

2.2 Delimitación del paquete de información. El paquete de información corresponde al recuadro de dibujo, definido por los puntos superior izquierdo e inferior derecho, que definen el rectángulo de menor área que incluya todos los elementos de información asociados. [1]

2.3 Área del paquete. Corresponde al área comprendida por el recuadro de información delimitado, expresada en decímetros cuadrados [dm²]. [1]

2.4. Área equivalente del paquete. Los paquetes de información se representan en los planos por medio de escalas de dibujo, de acuerdo con las necesidades del proyecto o preferencia del diseñador. [1]

2.5 Las escalas más representativas y usadas por los diseñadores se muestran en la Tabla 1.

Tabla 01. Escalas comunes en planos de diseño

| Contenido | Escala |
|----------------------------------|---------------|
| Planos de localización en planta | 1:100 – 1:250 |
| Plantas de entepiso | 1:50 – 1:100 |
| Despieces | 1:50 – 1:100 |
| Detalles | 1:20 – 1:250 |

Con el objeto de unificar la medida de información de los paquetes de información de diferentes proyectos, se definió el área equivalente del paquete, que es la estandarización de las áreas de paquete de igual tipo, afectada por un factor de conversión, como se expresa en la ecuación (1)

$$Aeqpaq = Apa q * \left(\frac{Escala_{dibujo}}{Escala_{estándar}} \right)^2 \quad (1)$$

Dónde Escala dibujo corresponde a la escala indicada en planos de diseño y Escala estándar se encuentra definida por la Tabla 2, según el tipo de paquete. [1]

Tabla 02. Escalas estándar propuesta

| Tipo de paquete | Escala |
|----------------------------------|--------|
| Planos de localización en planta | 1:100 |
| Plantas de entrepiso | 1:100 |
| Despieces | 1:100 |
| Detalles | 1:25 |

Los paquetes de información se representan gráficamente a través de planos, que son áreas de papel de dibujo estandarizadas. Para facilitar su medida y comparación entre diferentes proyectos, se definieron los siguientes:

2.6 Área bruta. Corresponde al tamaño físico de papel de los planos de diseño. Teniendo en cuenta las diferencias en disponibilidad comercial de papeles y equipos e impresión, se definió como medida de unificación al tamaño equivalente más cercano del estándar internacional ISO 216 series A y B, expresado en decímetros cuadrados [dm²]. [1]

2.7 Área útil. Corresponde al espacio efectivamente disponible para transmitir información gráfica del proyecto. Se obtiene sustrayendo el área destinada a rótulo del área

bruta o espacio de papel. La unidad de medida es el decímetro cuadrado [dm²]. [1]

2.8 Área neta. Corresponde a la suma de las áreas de paquete contenidas en un mismo plano, expresada en decímetros cuadrados [dm²]. [1]

2.9 Objeto de información

Corresponden a la representación gráfica de un elemento estructural de obra, que posee forma, función y comportamiento, que deben corresponder en una relación uno a uno a los elementos estructurales requeridos para la estabilidad y funcionalidad del proyecto. Se clasifican en familias que atienden a su función

estructural principal y por tipos, que son aquellos que agrupan los objetos por similitud de función, dimensión, atributos y disposición de refuerzo. [1]

2.10 Estadística descriptiva

Se compone de aquellos métodos que incluyen técnicas para recolectar, presentar, analizar e interpretar datos.

En general, la estadística descriptiva tiene como función el manejo de los datos recopilados en cuanto se refiere a su ordenación y presentación, para poner en evidencia ciertas características en la forma que sea más objetiva y útil. [4]

2.11 MEDIDAS DE POSICIÓN PARA DATOS AGRUPADOS Y NO AGRUPADOS

Los cuantiles son los valores de la distribución que la dividen en partes iguales, es decir, en intervalos que comprenden el mismo número de valores. Cuando la distribución contiene un número alto de intervalos o de marcas y se requiere obtener un promedio de una parte de ella. Generalmente, se divide la distribución en cuatro, en diez o en cien partes. Los cuantiles más usados son los percentiles, cuando dividen la distribución en cien partes, los deciles, cuando dividen la distribución en diez partes y los cuartiles, cuando dividen la distribución en cuatro partes. [5]

2.12 CUARTILES

Los cuartiles se definen como los tres valores que dividen la distribución en cuatro partes iguales. En términos de percentiles el primer cuartil Q (1) coincide con el P (25) (percentil 25); el segundo cuartil Q (2) con el P (50) o mediana, y el tercer cuartil Q (3) con el P (75). Entre el primer y el tercer cuartil se encuentra el 50% central de las observaciones. [5]

2.13 DESVIACION ESTÁNDAR

La desviación estándar o desviación típica se define como la raíz cuadrada de los cuadrados de las desviaciones de los valores de la variable respecto a su media. Esto es:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

La desviación estándar es una medida estadística de la dispersión de un grupo o población. Una gran desviación estándar indica que la población está muy dispersa respecto de la media. Una desviación estándar pequeña indica que la población está muy compacta alrededor de la media. [5]

2.14 COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN

En estadística, el coeficiente de determinación, denominado R^2 y pronunciado R cuadrado, es un estadístico usado en el contexto de un modelo estadístico cuyo principal propósito es predecir futuros resultados o probar una hipótesis. El coeficiente determina la calidad del modelo para replicar los resultados, y la proporción de variación de los resultados que puede explicarse por el modelo. [6]

Hay varias definiciones diferentes para R^2 que son algunas veces equivalentes. Las más comunes se refieren a la regresión lineal. En este caso, el R^2 es simplemente el cuadrado del coeficiente de correlación de Pearson, lo cual es sólo cierto para la regresión lineal simple. Si existen varios resultados para una única variable, es decir, para una X existe una Y, Z. el coeficiente de determinación resulta del cuadrado del coeficiente de determinación múltiple. En ambos casos el R^2 adquiere valores entre 0 y 1. Existen casos dentro de la definición computacional de R^2 donde este valor puede tomar valores negativos.

3. METODOLOGÍA

Para llevar a cabo el cumplimiento de los objetivos presentados anteriormente, se desarrolló una metodología distribuida en 4 fases:

3.1 Fase I: Identificación y caracterización en los planos constructivos de paquetes de información, objetos, detalles, y tipología.

Se definirá la funcionalidad de cada paquete de información en donde se diseñará y se elaborará

un formato con el fin de registrar cada una de las características de los paquetes de información, dichos paquetes son:

- Localización
- Despiece
- Detalle
- Especificaciones

3.2 Fase II: Categorización y cuantificación de los paquetes de información según su tipología y el objeto estructural que representan.

Para el presente estudio se consideraron planos de diseño detallados, de estructuras educativas en concreto. Los proyectos analizados fueron ejecutados en el departamento de Santander, Colombia.

Para una óptima identificación y caracterización de toda información presente en el plano, se validaron parámetros como:

- Área del paquete de información
- Escala del dibujo
- Tipología
- Objeto
- Número de objetos identificados

3.3 Fase III: Medición y validación de información registrada en planos estructurales.

Se harán las respectivas mediciones de los criterios establecidos en la fase II, teniendo en cuenta la clasificación de los paquetes de la fase I, con el fin de identificar y validar si la información presente en el plano es verídica, suficiente, relevante y si cumple con el objetivo principal de ser clara, necesaria y comprensible para cualquier persona.

Adicional a lo anterior se comparará y definirá si es necesario un valor de escala y un área equivalente del paquete de información con base un valor estándar de escala establecido para el paquete

3.4 Fase IV: Análisis y verificación estadística de la información recolectada.

Con base en la información recolectada se definirá una base de datos que permita simplificar y ordenar de manera sistemática los datos hallados, para posteriormente realizar un análisis estadístico y definir constructivo del proyecto y la calidad de información consignada en los planos

un modelo para pronosticar los posibles problemas relacionados con el diseño. Así se facilita la evaluación del nivel de detalle

4. RESULTADOS GENERALES

Se presentan los resultados de la verificación realizada, de acuerdo a la metodología estipulada.

4.1 Información sobre los proyectos

En la Tabla 3 se muestra el resumen estadístico de los aspectos más generales de los once proyectos de infraestructura educativa, en este análisis se tuvieron en cuenta el área de diseño (Ad), área base (Ab), el número de niveles por proyecto, número de tipos de elementos estructurales y el número de objetos estructurales.

Tabla 03. Estadísticas de la información de proyectos

| | Ad [m2] | Ab [m2] | Niveles | Tipos | Objetos |
|-----------|----------|----------|---------|-------|---------|
| Promedio | 3.778,45 | 1.435,18 | 2,91 | 69,91 | 336,27 |
| DesvStd | 3.335,32 | 2.215,02 | 1,58 | 60,88 | 324,82 |
| Mínimo | 321 | 107 | 1 | 18 | 33 |
| Q1 | 912 | 708 | 2 | 22 | 101 |
| Mediana | 3.555 | 892 | 3 | 55 | 226 |
| Q3 | 5.295 | 993 | 4 | 82 | 467 |
| Máximo | 10.611 | 8.063 | 6 | 234 | 1.173 |
| Asimetría | 0,92 | 3,22 | 0,74 | 2,23 | 1,91 |
| Curtosis | 0,15 | 10,57 | -0,02 | 5,79 | 4,22 |

Tenemos que el promedio de área de diseño analizado es de 3778,45 m², un área base promedio de 1435,18 m² y 3 niveles de altura en promedio, además tenemos que el promedio de los tipos de elementos estructurales es de 70 y objetos estructurales es de 336, lo que nos indica aproximadamente el nivel de detalle y complejidad de la representación de los proyectos estudiados.

También se observa que dentro de los proyectos se encontró una representación mínima de 18 diferentes tipos de elementos estructurales, hasta proyectos con un máximo de 234 tipos. A su vez se examinaron proyectos que necesitan analizar como mínimo 33 objetos estructurales y un máximo de 1173 objetos estructurales.

Teniendo en cuenta los datos anteriores, se decidió discriminar la información obtenida en dos categorías las cuales son por área de diseño y por niveles de altura.

La siguiente tabla muestra la información discriminada por área de diseño y los índices de complejidad (Tabla 04).

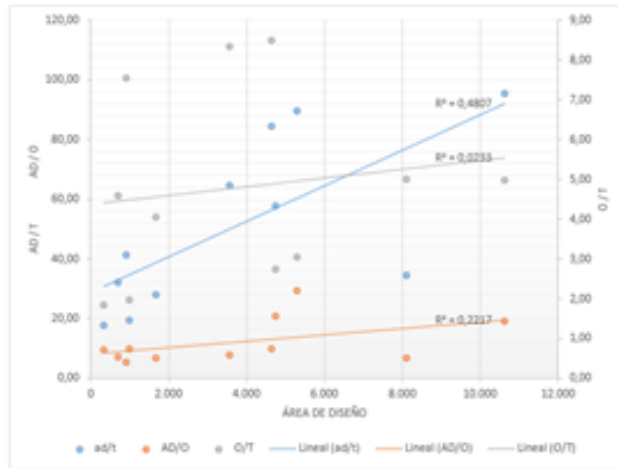
Tabla 04. Información de proyectos clasificado por área

| | Tipos | Ad/Tipos | Objetos | Ad/Objetos | Objetos/Tipos |
|-------------------------|-------|----------|---------|------------|---------------|
| Nº proyectos 4 | | | | | |
| <1000 [m2] | | | | | |
| Promedio | 28,25 | 27,74 | 100,25 | 8,02 | 3,99 |
| DesvStd | 15,28 | 11,17 | 54,30 | 2,13 | 2,69 |
| Mínimo | 18 | 17,83 | 33 | 5,49 | 1,83 |
| Mediana | 22 | 25,83 | 101 | 8,37 | 3,29 |
| Máximo | 51 | 41,45 | 166 | 9,83 | 7,55 |
| Nº proyectos 1 | | | | | |
| 1000 y 3000 [m2] | | | | | |
| | 60 | 27,93 | 243 | 6,90 | 4,05 |
| Nº proyectos 6 | | | | | |
| <3000 [m2] | | | | | |
| Promedio | 99,33 | 71,14 | 509 | 15,71 | 5,43 |
| DesvStd | 69,47 | 23,11 | 356,47 | 8,97 | 2,49 |
| Mínimo | 55 | 34,66 | 180 | 6,91 | 2,76 |
| Mediana | 70,5 | 74,51 | 462,50 | 14,60 | 4,99 |
| Máximo | 234 | 95,59 | 1173 | 29,42 | 8,49 |

Según la clasificación anterior se encuentra que en áreas menores a 1.000 m² se necesitó representar en promedio 28 tipos de elementos estructurales, mientras que en áreas mayores a 3000 m² se representan un poco más del triple de los tipos de elementos, para áreas entre 1000 y 3000 m² no se pudo analizar detalladamente debido a que no contábamos con la información suficiente, pero aun así se pudo notar que con el único proyecto analizado el tipo de elementos estructurales es el doble que a los requeridos por áreas menores a 1000 m². Por lo tanto, se puede suponer que existe una relación directamente proporcional entre el área de diseño y el número de tipos de elementos estructurales, a mayor área mayor es la cantidad de tipos.

Se puede observar que el índice de complejidad en relación al área de diseño es mayor en los tipos de elementos estructurales que en los objetos estructurales (Figura 06), así también se pudo determinar que en áreas mayores a 3000 m², la complejidad es más notoria que en los otros casos, debido a que su relación Objetos/Tipo (O/T) es de 5,43 mientras que los otros es de aproximadamente 4.

Figura 06. Relación de complejidad vs área de diseño



Así mismo se analizó el índice de complejidad con relación al número de niveles (Tabla 05), donde se muestra que en promedio para niveles entre uno y dos se necesita 34 tipos de objetos estructurales, mientras que para niveles entre 3 y 4 se necesita el doble y para mayores de 5 niveles se necesitan el triple de objetos estructurales que los niveles uno y dos.

Tabla 05. Información de proyectos clasificado por niveles.

| | Tipos | Ad/Tipos | Objetos | Ad/Objetos | Objetos/Tipos |
|-----------------------|--------|----------|---------|------------|---------------|
| Nº proyectos 5 | | | | | |
| 1-2 Niveles | | | | | |
| Promedio | 34,6 | 27,77 | 129 | 7,79 | 4,00 |
| DesvStd | 19,41 | 9,67 | 79,29 | 1,91 | 2,33 |
| Mínimo | 18 | 17,83 | 33 | 5,49 | 1,83 |
| Mediana | 22 | 27,93 | 101 | 7,01 | 4,05 |
| Máximo | 60 | 41,45 | 243 | 9,83 | 7,55 |
| Nº proyectos 4 | | | | | |
| 3-4 Niveles | | | | | |
| Promedio | 76,75 | 81,88 | 356 | 19,90 | 4,82 |
| DesvStd | 25,75 | 16,69 | 180,94 | 7,99 | 2,64 |
| Mínimo | 55 | 57,82 | 180 | 9,94 | 2,76 |
| Mediana | 70,5 | 87,06 | 347 | 20,12 | 4,01 |
| Máximo | 111 | 95,59 | 551 | 29,42 | 8,49 |
| Nº proyectos 2 | | | | | |
| 5-6 Niveles | | | | | |
| Promedio | 144,5 | 49,65 | 816 | 7,34 | 6,67 |
| DesvStd | 126,57 | 21,20 | 505,58 | 0,60 | 2,34 |
| Mínimo | 55 | 34,66 | 458,00 | 6,91 | 5,01 |
| Mediana | 144,5 | 49,65 | 815,50 | 7,34 | 6,67 |
| Máximo | 234 | 64,64 | 1173,00 | 7,76 | 8,33 |

Además, cabe notar que existe una gran complejidad cuando los proyectos se encuentran entre dos y tres niveles.

4.2 Información generada en planos

En la tabla 06 se encuentra un resumen estadístico en la cual se pudo detectar que en promedio se necesitan 15 planos por proyecto, con un área útil promedio de 775 dm² y una cantidad promedio de paquetes de 256, los cuales están representados en un área neta de 519,64 dm² y un área neta equivalente de 395,37 dm² en promedio. El número mínimo de paquetes observados en un proyecto fue de 51 y el número máximo fue de 531, con un área neta equivalente de 39 dm² y 1.420 dm², respectivamente

Tabla 06. Estadística de la información en planos

| | Planos | A Util [dm ²] | Paquetes | A Neta [dm ²] | A Neta Equi [dm ²] |
|-----------|--------|---------------------------|----------|---------------------------|--------------------------------|
| Promedio | 15 | 775 | 256 | 519,64 | 395,37 |
| DesvStd | 8,61 | 494,86 | 235,12 | 327,93 | 421,92 |
| Mínimo | 2 | 111 | 51 | 73 | 39 |
| Q1 | 8 | 393,15 | 83 | 268,47 | 127,56 |
| Mediana | 13 | 682 | 162 | 502 | 189 |
| Q3 | 22 | 934,06 | 531 | 644,59 | 483,71 |
| Máximo | 29 | 1.644 | 693 | 1.165 | 1.420 |
| Asimetría | 0,41 | 0,86 | 1,11 | 0,85 | 1,82 |
| Curtosis | -0,72 | 0,07 | -0,46 | 0,30 | 2,91 |

Las relaciones de la Tabla 07 nos indican un promedio de 16 paquetes por plano cada uno con mínimo 7 paquetes y un máximo de 27. Los paquetes en promedio por plano ocupan el 44% del área disponible para dibujar, es decir una densidad gráfica de 0,44. En promedio cada tipo de elemento estructural ocupó 5,52 dm² de dibujo y cada objeto estructural ocupó 1,28 dm².

Tabla 07. Índices de representación gráfica

| | Paq/Planos | Aneq/Autil | Aneq/Paq | Aneq/Tipo | Aneq/Obj |
|-----------|------------|------------|----------|-----------|----------|
| Promedio | 16,37 | 0,44 | 1,53 | 5,52 | 1,28 |
| DesvStd | 7,31 | 0,19 | 0,56 | 3,38 | 0,69 |
| Mínimo | 7,22 | 0,22 | 0,77 | 2,18 | 0,39 |
| Q1 | 10,13 | 0,27 | 1,17 | 3,08 | 0,78 |
| Mediana | 13,83 | 0,48 | 1,43 | 4,01 | 1,12 |
| Q3 | 23,90 | 0,52 | 1,96 | 8,50 | 1,85 |
| Máximo | 27,36 | 0,86 | 2,67 | 12,79 | 2,58 |
| Asimetría | 0,23 | 1,05 | 0,58 | 1,09 | 0,88 |
| Curtosis | -1,56 | 1,57 | 0,30 | 0,50 | -0,14 |

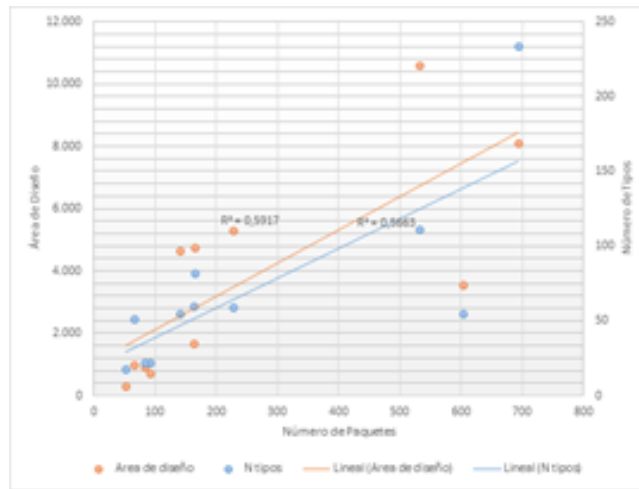
Para el análisis de los resultados de la información de planos y espacios de dibujo, se determinó discriminar la información obtenida en dos categorías las cuales son por área de diseño (Tabla 08) y por niveles de altura (Tabla 09).

Tabla 08. Información por planos clasificado por área de diseño

| | Plano | Área Util [dm ²] | Paquetes | A Neta [dm ²] | A Neta Equi [dm ²] |
|--|-------|---------------------------------|----------|------------------------------|-----------------------------------|
| Nº proyectos | | | | | |
| 4 | | | | | |
| <1000 [m²] | | | | | |
| Promedio | 7 | 422,59 | 73 | 313,42 | 118,12 |
| DesvStd | 4,27 | 239,76 | 18,34 | 187,11 | 60,73 |
| Mínimo | 2 | 111 | 51 | 72,68 | 39,20 |
| Mediana | 8 | 449 | 74 | 339,32 | 123,13 |
| Máximo | 12 | 682 | 92 | 502,35 | 187,03 |
| Nº proyectos | | | | | |
| 1 | | | | | |
| 1000 y 3000 [m²] | 16 | 877,80 | 162 | 586,81 | 188,78 |
| Nº proyectos | | | | | |
| 6 | | | | | |
| <3000 [m²] | | | | | |
| Promedio | 19 | 993 | 393 | 645,93 | 614,63 |
| DesvStd | 8,16 | 544,67 | 243,22 | 374,17 | 475,50 |
| Mínimo | 8 | 379 | 141 | 234,97 | 180,59 |
| Mediana | 20 | 897 | 379 | 583,74 | 448,60 |
| Máximo | 29 | 1644 | 693 | 1164,56 | 1420,04 |

Analizando la información anterior, se hace visible que existe un comportamiento similar con la complejidad del área de diseño, aunque, no tengamos suficiente información de proyectos que se encuentran en el rango entre 1000 m² y 3000 m². Con relación al número de planos y el número de paquetes, se puede observar que en los proyectos con área menor a 1000 m² se hicieron necesarios en promedio 7 planos, para áreas entre 1000 m² y 3000 m² se necesitó un poco más del doble 16 planos en promedio y, para áreas mayores a 3000 m² un poco menos del triple que los proyectos menores a 1000 m² 19 planos en promedio. El número de paquetes dibujados para áreas de diseño menores a 1000 m² es de 73 paquetes, para áreas entre 1000 m² y 3000 m² requirió 2,2 veces y para áreas mayor a 3000 m² necesita 5,4 veces que los paquetes menores a 1000 m², siendo una relación directamente proporcional entre el grado de complejidad de los proyectos y el número de paquetes por proyecto.

Figura 07. Relación complejidad vs No. De paquetes



Para la desagregación por niveles de construcción (Tabla 09), se evidencia que para proyectos de 1 y 2 niveles se necesitan en promedio 9 planos, para proyectos de 3 y 4 niveles el promedio es de 16 planos lo que indica que aumentó en un 66% de los planos requeridos por los niveles 1 y 2 y para proyectos con 5 y 6 niveles se triplicó el promedio de los planos 26. Para el número de paquetes promedio, se encuentra que para 1 y 2 niveles es de 91 paquetes, para 3 y 4 niveles aumenta tres veces el número de paquetes de los niveles 1 y 2 y para proyecto de 5 y 6 niveles tenemos que es siete veces el número de paquetes de los proyectos con niveles 1 y 2. Para el área neta equivalente se podría decir que tenemos una relación 1:4:5 respectivamente

Tabla 09. Información por planos clasificado por niveles

| | Plano | Área Util [dm ²] | Paquetes | A Neta [dm ²] | A Neta Equi [dm ²] |
|---------------------|-------|---------------------------------|----------|------------------------------|-----------------------------------|
| Nº proyectos | | | | | |
| 5 | | | | | |
| 1-2 Niveles | | | | | |
| Promedio | 9 | 513,63 | 91 | 368,10 | 132,25 |
| DesvStd | 5,39 | 290,79 | 42,96 | 203,00 | 61,36 |
| Mínimo | 2 | 111 | 51 | 72,68 | 39,20 |
| Mediana | 9 | 504 | 83 | 410,18 | 127,56 |
| Máximo | 16 | 878 | 162 | 586,81 | 188,78 |
| Nº proyectos | | | | | |
| 4 | | | | | |
| 3-4 Niveles | | | | | |
| Promedio | 16 | 846 | 266 | 516,61 | 566,57 |
| DesvStd | 8,06 | 569,61 | 180,34 | 348,40 | 577,26 |
| Mínimo | 8 | 379 | 141 | 234,97 | 180,59 |
| Mediana | 15 | 681 | 196 | 412,91 | 332,82 |
| Máximo | 27 | 1644 | 531 | 1005,62 | 1420,04 |
| Nº proyectos | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 5-6 Niveles | | | | | |
| Promedio | 26 | 1288 | 648 | 904,58 | 710,75 |
| DesvStd | 4,95 | 499,99 | 64,35 | 367,67 | 321,07 |
| Mínimo | 22 | 934 | 602,00 | 644,59 | 483,71 |
| Mediana | 26 | 1288 | 647,50 | 904,58 | 710,75 |
| Máximo | 29 | 1641 | 693,00 | 1164,56 | 937,78 |

4.3 Información representada en paquetes

En la tabla 10 se encuentra el resumen estadístico de los tipos de paquetes que se definieron para los proyectos. Se tiene que en promedio los paquetes de despiece y detalle 99 y 110 respectivamente son tres veces más que el paquete de especificaciones 33 y ocho veces más que el paquete de localización 13. Los paquetes de despiece y detalle son más del 80% del total de los paquetes de información lo que indica la gran importancia de los mismos en los proyectos, los paquetes de especificaciones y localización no alcanzan ni el 20% del total de los paquetes, aunque sea menor que el resto no significa que tenga menos importancia.

Tabla 10. Estadísticas de los tipos de paquetes

| | Paq Localización | Paq Despiece | Paq Detalle | Paq Especificaciones |
|-----------|------------------|--------------|-------------|----------------------|
| Promedio | 12,73 | 99,00 | 110,45 | 33,45 |
| DesvStd | 8,63 | 100,27 | 110,02 | 34,08 |
| Mínimo | 3,00 | 13,00 | 21,00 | 7,00 |
| Q1 | 5,00 | 25,00 | 29,00 | 12,00 |
| Mediana | 8,00 | 59,00 | 70,00 | 19,00 |
| Q3 | 19,00 | 203,00 | 250,00 | 50,00 |
| Máximo | 28,00 | 273,00 | 295,00 | 124,00 |
| Asimetría | 0,56 | 1,15 | 1,08 | 2,19 |
| Curtosis | -1,08 | -0,38 | -0,72 | 5,19 |

En la tabla 11 observamos los índices de paquetes para los cuales utilizamos el área de diseño y el número de paquetes por cada tipo, en donde observamos que en promedio por cada 402 m² de diseño se genera un paquete de localización, por cada 45m² uno de despiece, por cada 39m² se genera un paquete de detalle.

Tabla 11. Estadísticas de los índices

| | Ad/Paq Loc | Ad/Paq Des | Ad/Paq Det | Ad/Paq Espe |
|-----------|------------|------------|------------|-------------|
| Promedio | 402,02 | 45,00 | 38,78 | 158,84 |
| DesvStd | 422,44 | 25,26 | 19,66 | 185,31 |
| Mínimo | 41,65 | 13,07 | 12,05 | 26,75 |
| Q1 | 107,00 | 24,69 | 19,14 | 48,00 |
| Mediana | 209,12 | 39,33 | 40,88 | 90,27 |
| Q3 | 948,20 | 65,85 | 61,57 | 212,22 |
| Máximo | 1.160,25 | 89,75 | 67,73 | 663,00 |
| Asimetría | 1,09 | 0,79 | 0,09 | 2,33 |
| Curtosis | -0,67 | -0,51 | -1,32 | 6,04 |

En la tabla 12 se muestra el resumen estadístico de áreas equivalentes de acuerdo a los objetos estructurales de cimentación, columnas y vigas.

Se observa que, la relación entre áreas equivalentes fue un promedio de 1:2:6, en promedio por proyecto se generó por cimentación 11 dm², 20 dm² de área equivalente de columnas y 68 dm² de área equivalente de vigas aéreas.

Tabla 12. Estadísticas de las áreas equivalentes por familia de objetos

| | A Equi Cimentación | A Equi Columnas | A Equi Vigas Aéreas |
|-----------|--------------------|-----------------|---------------------|
| Promedio | 11,30 | 20,31 | 68,15 |
| DesvStd | 15,07 | 25,54 | 98,24 |
| Mínimo | 0,26 | 0,00 | 1,98 |
| Q1 | 1,02 | 1,15 | 7,17 |
| Mediana | 5,47 | 10,36 | 27,81 |
| Q3 | 12,52 | 31,79 | 77,01 |
| Máximo | 47,22 | 77,01 | 316,83 |
| Asimetría | 1,82 | 1,56 | 2,05 |
| Curtosis | 2,67 | 1,48 | 3,90 |

Haciendo un análisis de los índices entre el área de diseño y el área equivalente, obtuvimos los datos que se mencionan en la tabla 13, tenemos un promedio por cada 994,27 m² de área de diseño, se genera un 1 dm² de área equivalente de cimentación, esta relación varía un poco con los demás resultados, debido a que en la toma de datos se presentaron proyectos en los cuales la información de cimentación era poco o casi nula, la relación del área de diseño con el área equivalente de columnas nos dio un promedio de 275 m² en los que se genera 1 dm² para ello se tuvieron que omitir datos debido a la falta de información en los proyectos, para la familia de vigas aéreas encontramos que por cada 110 m² de área de diseño se genera 1 dm² equivalente de vigas aéreas, encontrando una relación 1:0,28:0,11.

Tabla 13. Estadísticas de los índices de área equivalente

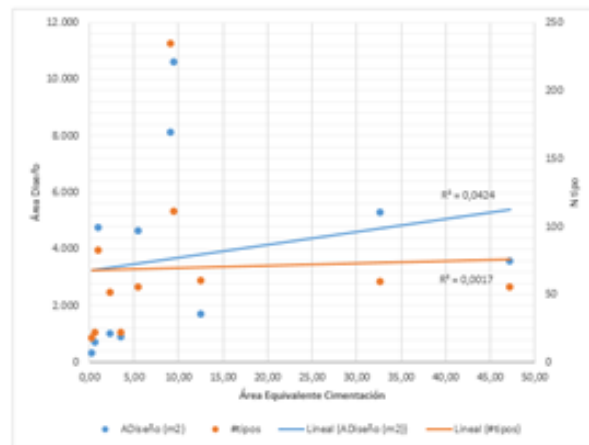
| | Ad/Aequi Cim | Ad/Aequi Col | Ad/Aequi Vigas |
|----------|--------------|--------------|----------------|
| Promedio | 994,27 | 275,46 | 110,96 |
| DesvStd | 1.289,65 | 231,72 | 72,50 |
| Mínimo | 75,28 | 95,81 | 18,94 |
| Mediana | 848,45 | 149,11 | 110,56 |
| Máximo | 4.648,04 | 793,45 | 275,32 |

Para la figura 08, vemos que el número de tipos y el área de diseño no se ajustan tan bien, indica la no representatividad con respecto al área equivalente de cimentación lo cual se nota en su coeficiente de determinación lineal alejados de 1,

así mismo si comparamos el número de tipos y el área de diseño esta se ajusta mejor.

Las variables no están relacionadas, y la línea de tendencia obtenida es poco exacta para pronosticar valores futuros.

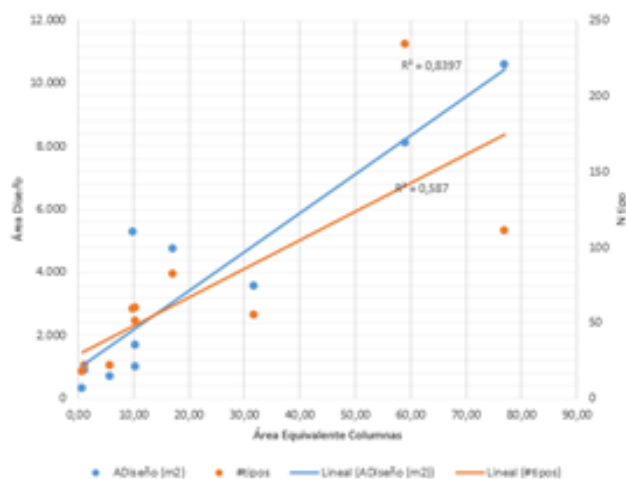
Figura 08. Predictores del área equivalente –cimentación



En la figura 09 el ajuste del modelo de área de diseño con respecto al área equivalente de columnas es bueno, ya que el valor de $R^2 = 0,84$ es cercano a 1, Lo que nos dice que el 84% se adecua al modelo de representación lineal.

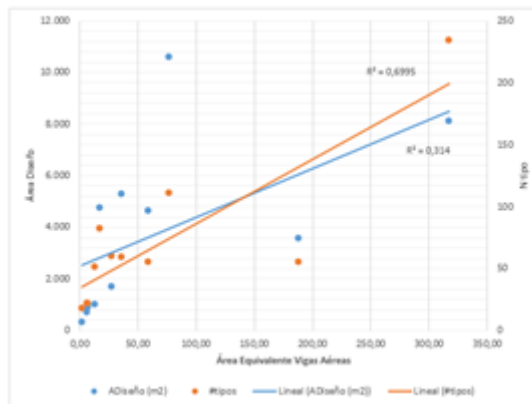
La línea de tendencia del número de tipos tiene una menor relación con respecto al área equivalente en comparación con el área de diseño-área equivalente

Figura 09. Predictor del área equivalente- columnas.



Como se ha mencionado anteriormente vemos que la relación de número de tipos vs área equivalente de vigas aéreas es un predictor estadísticamente significativo que explica su variabilidad en un 70%, en cambio se puede decir que el área de diseño no es un predictor estadísticamente significativo por cuanto explica su variabilidad en un 31%.

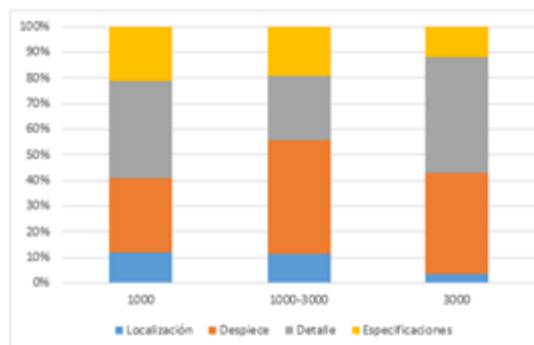
Figura 10. Predictor del área equivalente vigas



En la Figura 11 analizamos el porcentaje de importancia de cada uno de los paquetes de información con respecto al área de diseño, está se divide en tres categorías áreas de diseño menores a 1000 m² entre 1000 y 3000 m² y mayores a 3000 m².

Concluyendo así que los paquetes de especificación y localización sufren un descenso a medida que aumenta el área de diseño, con respecto a los paquetes de despiece y detalle se observa que sufren un cambio, pero luego tienden a permanecer en proporciones iguales.

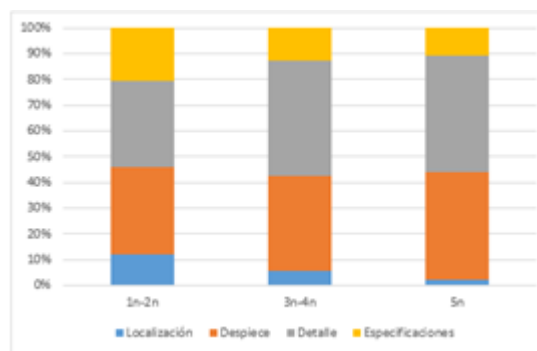
Figura 11. Proporciones de paquetes por área de diseño.



En la Figura 12 analizaremos el porcentaje de importancia de cada uno de los paquetes de información con respecto al número de niveles del proyecto.

Se concluye que a medida que aumenta el número de niveles, disminuyen el porcentaje de información de los paquetes de especificaciones y de localización además se hace visible el aumento de los paquetes de despiece y detalle, se podría decir que tienen una tendencia a crecer.

Figura 12. Proporciones de paquetes por niveles de diseño

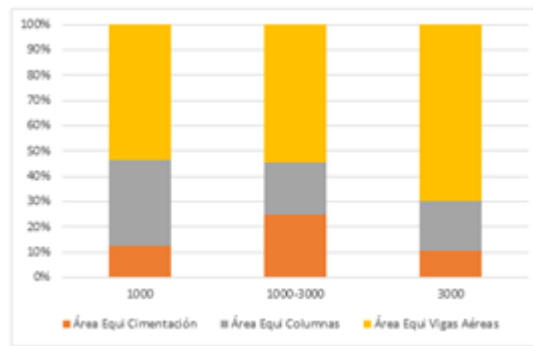


En la Figura 13 analizaremos el porcentaje de importancia del área equivalente de los elementos estructurales con respecto al área de diseño, está se divide en tres categorías áreas de diseño menores a 1000 m² entre 1000 y 3000 m² y mayores a 3000 m².

Analizando el diagrama se puede concluir que el elemento estructural predominante son las vigas aéreas, también se puede notar que las columnas permanecen casi constantes en las tres categorías, pero tenemos que tener en cuenta la falta de información que se mencionó anteriormente, con respecto al elemento estructural de cimentación se puede decir que en proyectos de áreas de diseño

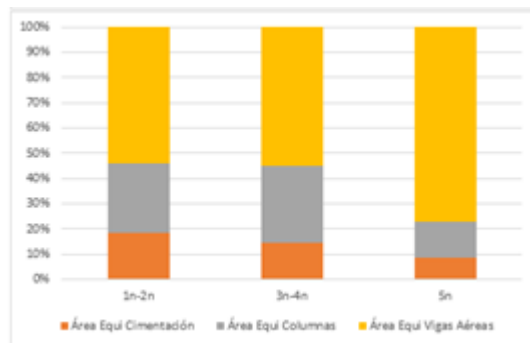
entre 1000 y 3000 m² es mucho mayor que en las otras dos categorías.

Figura 13. Proporciones de área equivalente de objetos por área de diseño



Para la información por niveles de construcción se mantiene similar la relación de área equivalente en los 3 tipos de familias para los grupos de 1 a 4 niveles, a diferencia en proyectos de más de 5 niveles se ve una notoria diferencia 8% para área equivalente de cimentación, 14% de columnas y un 78% en vigas

Figura 14. Proporciones de área equivalente de objetos por niveles construidos



5. CONCLUSIONES

De la información de proyectos, según la clasificación que se tuvo en cuenta para el análisis estadístico, se determinó que la categoría que tiene mayor incidencia en el desarrollo de los proyectos es el área de diseño, resaltando que obtuvimos valores más altos, con una complejidad mayor con relación al número de tipos que al número de objetos.

De la información generada por los planos obtuvimos en promedio los paquetes por planos, se generaba una representación gráfica del 44% del área útil de dibujo.

En los resultados de los paquetes de información se observó que la proporción aproximada del número total paquetes fue de 1: 2,6 para proyectos con áreas de diseño hasta de 3000 m² y para proyectos con 4 niveles de altura, en adelante esa proporción se va a quintuplicar, en mayor medida para la clasificación de niveles en la estructura.

En composición de paquetes por tipología se ve una gran incidencia para los paquetes de despiece y detalle, en cuanto a la composición por familia de objetos se ve la preponderancia en la familia de vigas especialmente para áreas mayores a 3000 m², seguido de columnas y por último cimentación.

Dentro del trabajo realizado damos ciertas observaciones como lo es la importancia de no mezclar la información de los paquetes para suministrar una información más clara

Basados en el artículo guía, se vio la necesidad de eliminar un tipo de paquete de información (Dimensión), teniendo en cuenta que se presentaron diferentes tipos de inconvenientes a la hora de clasificar la información suministrada por los proyectos, además de su baja incidencia en los análisis.

La falta de información y la suposición por parte del dibujante, hacen que las relaciones entre áreas equivalentes de elementos estructurales con número de tipos y área de diseño sean lo menos confiable, lo cual se puede comprobar con el coeficiente de determinación y la calidad del modelo para replicar los resultados.

6.REFERENCIAS

- [1] Edward Vargas, Guillermo Mejía; Cuantificación de la información de diseño detallado en proyectos de construcción, vol.2, pp. 110-112,2016.
- [2] Filizzola Francisco, Lucena Jerson, Incidencia del ruido de información en diseño sobre las cantidades de obra, Tesis; Universidad industrial de Santander, Bucaramanga, 2017, p 15-20
- [3] Freire, J., & Alarcón, L. (2011). Mejoramiento del Proceso de Diseño en Proyectos. Revista Ingeniería de Construcción, vol. 16, PP. 2, 2001
- [4] LLINÁS SOLANO, Humberto; ROJAS ÁLVAREZ, Carlos Rojas. Estadística descriptiva y distribuciones de probabilidad. Colombia: Ediciones Uninorte, 2006.p.8
- [5]BECERRA ESPINOSA, José Manuel. Estadística descriptiva. Facultad de contaduría y administración. UNAM, 25-28 p.
- [6] Steel, R.G.D, and Torrie, J. H., Principles and Procedures of Statistics with Special Reference to the Biological Sciences., McGraw Hill, 1960, pp. 187, 287.)
- [7] Colin Cameron, A.; Windmeijer, Frank A.G.; Gramajo, H; Cane, DE; Khosla, C (1997). «An R-squared measure of goodness of fit for some common nonlinear regression models». Journal of Econometrics 77 (2): 1790-2

7. BIBLIOGRAFÍA

Burati Jr, J. L., Farrington, J. J., & Ledbetter, W. B. (1992). Causes of quality deviations in design and construction. *Journal of construction engineering and management*, 118(1), 34-49.

Caceres Suarez, Jose De Jesus, Jaimes Torres, Sirley Patricia.(2012) *Manual de Dibujo para proyectos de ingeniería Civil orientado a estructuras*

Cheng, Y. (2014). An exploration into cost-influencing factors on construction projects. *International Journal of Project Management*, 850-860.

Freire, J., & Alarcón, L. (2011). Mejoramiento del Proceso de Diseño en Proyectos. *Revista Ingeniería de Construcción*, 16(1), 61-71.

Vargas, E. & Mejía, A. Cuantificación de la información de diseño detallado en proyectos de construcción. *Conferencia Internacional de Ingeniería*. Medellín, Colombia

Love, P. E., Lopez, R., & Edwards, D. J. (2013). Reviewing the past to learn in the future: making sense of design errors and failures in construction. *Structure and Infrastructure Engineering*

ANEXOS

ANEXO A. MÓDELO FORMATO RECOLECCIÓN DE DATOS POR PLANO (10)

| N° Paquete | Tipo paquete | Objeto estructural | Escala | | Dimensión | | | | | | Observaciones | |
|------------|------------------|--------------------|---------------|-------------|-----------|--------|------------|--------------|-------------|----------------|---------------|---|
| | | | Escala E = 1: | Estándar 1: | L1(dm) | L2(dm) | Area (dm²) | L1 Equ (dm) | L2 Equ (dm) | Area Equ (dm²) | | |
| 1 | Despiece | Vigas Aéreas | SI | 50 | 100 | 3,94 | 0,61 | 2,4 | 1,97 | 0,31 | 0,61 | |
| 2 | Despiece | Vigas Aéreas | SI | 50 | 100 | 1,38 | 0,61 | 0,84 | 0,69 | 0,31 | 0,21 | Hay un solo Despiece para 3 vigas de diferente longitud |
| 3 | Despiece | Vigas Aéreas | SI | 50 | 100 | 6,23 | 0,61 | 3,8 | 3,12 | 0,31 | 0,97 | |
| 4 | Despiece | Vigas Aéreas | SI | 50 | 100 | 6,3 | 0,61 | 3,84 | 3,15 | 0,31 | 0,98 | |
| 5 | Despiece | Vigas Aéreas | SI | 50 | 100 | 4,7 | 0,61 | 2,87 | 2,35 | 0,31 | 0,73 | |
| 6 | Despiece | Vigas Aéreas | SI | 50 | 100 | 1,51 | 0,61 | 0,92 | 0,76 | 0,31 | 0,24 | |
| 7 | Despiece | Vigas Aéreas | SI | 50 | 100 | 7,18 | 0,61 | 4,38 | 3,59 | 0,31 | 1,11 | |
| 8 | Despiece | Vigas Aéreas | SI | 50 | 100 | 7,5 | 0,61 | 4,58 | 3,75 | 0,31 | 1,16 | |
| 9 | Despiece | Otros | SI | 50 | 100 | 4,04 | 0,61 | 2,46 | 2,02 | 0,31 | 0,63 | |
| 10 | Despiece | Vigas Aéreas | SI | 50 | 100 | 4,28 | 0,61 | 2,61 | 2,14 | 0,31 | 0,66 | |
| 11 | Despiece | Vigas Aéreas | SI | 50 | 100 | 4,48 | 0,61 | 2,73 | 2,24 | 0,31 | 0,69 | |
| 12 | Despiece | Vigas Aéreas | SI | 50 | 100 | 4,68 | 0,61 | 2,85 | 2,34 | 0,31 | 0,73 | Se repite con el paquete 10 del plano 9 |
| 13 | Especificaciones | | NO | 1 | 1 | 0,92 | 0,86 | 0,79 | 0,92 | 0,86 | 0,79 | |
| 13 | | | | | | | | 35,07 | | | 9,51 | |

ANEXO B MODELO RESUMEN POR PROYECTO

| ID proyecto | # planos | Área útil/plano (dm ²) | # Paquetes | # Paquetes/Tipología | | | |
|-------------|----------|------------------------------------|------------|----------------------|----------|--------------------------|----|
| | | | | Localizacion | Despiece | Detalle Especificaciones | |
| 10 | 9 | 56,03 | 65 | 8 | 25 | 21 | 11 |

ANEXO C ÁREA NETA Y ÁREA EQUIVALENTE POR PAQUETES

| Area Paquetes | Área (dm ²) Paquetes/Tipología | | | | Área Equivalente (dm ²) Paquetes/Tipología | | | |
|---------------|--|----------|---------|------------------|--|----------|----------|------------------|
| | Localizacion | Despiece | Detalle | Especificaciones | Localizacion | Despiece | Detalle | Especificaciones |
| 410,18 | 309,08 | 54,473 | 37,916 | 8,7112 | 77,38 | 13,7683 | 27,69916 | 8,7112 |
| | | | | Area Paquetes | | | | |
| | | | | 127,55861 | | | | |

ANEXO D. NÚMERO DE PAQUETES/ OBJETO

| | | # Paquetes/Objeto | | | | | | | | | | | |
|---|--|-----------------------|---------------------|-------------------|-------------|----------------------|------------|--------------|---------------------|------------------------|--------------|---------------|-------|
| | | Planta Cimentación | Planta Entrepiso | Perfil Pórtico | Zapata s | Vigas Cimentación | Pedestales | Column as | Vigas Aérea s | Muros estructurales | Viguet as | Escaler as | Otros |
| 1 | | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 | 0 | 14 | 23 | 1 | 0 | 0 | 8 |

ANEXO E NÚMERO DE TIPOS / OBJETO

| | | # Tipos/Objeto | | | | | | | | | |
|-----------------------|---------------------|-------------------|-------------|----------------------|------------|----------|---------------|------------------------|----------|-----------|-------|
| Planta Cimentación | Planta Entrepiso | Perfil Pórtico | Zapata s | Vigas Cimentación | Pedestales | Columnas | Vigas Área | Muros estructurales | Viguetas | Escaleras | Otros |
| 1 | 2 | 1 | 5 | 10 | 0 | 7 | 16 | 1 | 0 | 0 | 8 |

ANEXO F NÚMERO DE OBJETOS

| | | # Objetos | | | | | | | | |
|-----------------------|---------------------|-------------------|-------------|----------------------|------------|----------|-----------------|------------------------|-----------------------|-------|
| Planta Cimentación | Planta Entrepiso | Perfil Pórtico | Zapata s | Vigas Cimentación | Pedestales | Columnas | Vigas Aéreas | Muros estructurales | Viguetas Escaleras | Otros |
| 1 | 2 | 2 | 26 | 11 | 0 | 26 | 25 | 0 | 0 | 8 |

ANEXO G RESUMEN DE PROYECTOS

| ID proyecto | ADiseño (m ²) | ABase (m ²) | Nivel | Leve | # planos | Área útil/plan o (dm ²) | # tipos Paquetes | # Paquetes | # Paquetes/Tipología | | | | | | | |
|-------------|---------------------------|-------------------------|-------|-------|----------|-------------------------------------|------------------|------------|----------------------|----------|---------|-------------------|----------------|------------|----------|--------------------|
| | | | | | | | | | Localizac ión | Despiece | Detalle | Especificacio nes | %Localiza cion | %Despi ece | %Detalle | %Especificaci ones |
| 17 | 321 | 107 | 2 | 1 - 2 | 2 | 55 | 18 | 51 | 3 | 13 | 23 | 12 | 0,06 | 0,25 | 0,45 | 0,24 |
| 5 | 708 | 708 | 1 | 1 - 2 | 12 | 57 | 22 | 92 | 17 | 18 | 37 | 20 | 0,18 | 0,20 | 0,40 | 0,22 |
| 28 | 912 | 456 | 2 | 1 - 2 | 6 | 66 | 22 | 83 | 7 | 28 | 29 | 19 | 0,08 | 0,34 | 0,35 | 0,23 |
| 10 | 993 | 993 | 1 | 1 - 2 | 9 | 56 | 51 | 65 | 8 | 25 | 21 | 11 | 0,12 | 0,38 | 0,32 | 0,17 |
| 9 | 1.676 | 836 | 2 | 1 - 2 | 16 | 55 | 60 | 162 | 19 | 71 | 41 | 31 | 0,12 | 0,44 | 0,25 | 0,19 |
| 22 | 3.555 | 937 | 5 | ≥ 5 | 22 | 42 | 55 | 602 | 17 | 272 | 295 | 18 | 0,03 | 0,45 | 0,49 | 0,03 |
| 18 | 4.641 | 892 | 4 | 3 - 4 | 13 | 29 | 55 | 141 | 4 | 55 | 75 | 7 | 0,03 | 0,39 | 0,53 | 0,05 |
| 16 | 4.741 | 840 | 3 | 3 - 4 | 8 | 63 | 82 | 165 | 5 | 72 | 70 | 18 | 0,03 | 0,44 | 0,42 | 0,11 |
| 21 | 5.295 | 1.057,00 | 3 | 3 - 4 | 17 | 51 | 59 | 227 | 24 | 59 | 86 | 58 | 0,11 | 0,26 | 0,38 | 0,26 |
| 19 | 8.110 | 898 | 6 | ≥ 5 | 29 | 57 | 234 | 693 | 8 | 273 | 288 | 124 | 0,01 | 0,39 | 0,42 | 0,18 |
| 20 | 10.611 | 8.063,00 | 3 | 3 - 4 | 27 | 61 | 111 | 531 | 28 | 203 | 250 | 50 | 0,05 | 0,38 | 0,47 | 0,09 |

ANEXO H ÁREA NETA Y ÁREA EQUIVALENTE DE PROYECTOS

| Área (dm ²) Paquetes/Tipología | | Área Equivalente (dm ²) Paquetes/Tipología | | | | | AEQUIVALENCIA | | | | | |
|--|----------------|--|------------|--------------------|-----------------|----------------|---------------|-----------|------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------|
| Área Paquetes | Localización 2 | Despiece e3 | Detalle e4 | Especificaciones 5 | Área Paquetes 6 | Localización 3 | Despiece 7 | Detalle 8 | Especificaciones | AEQUIVALENCIA MONTACIÓN 2 | AEQUIVALENCIA OLUMNAS S 2 | AEQUIVALENCIA GAS |
| 72,68 | 25,99 | 7,74 | 21,98 | 16,97 | 39,20 | 6,52 | 1,97 | 13,74 | 16,97 | 0,26 | 0,84 | 1,98 |
| 502,35 | 354,19 | 52,97 | 75,08 | 20,11 | 187,03 | 89,35 | 8,87 | 68,69 | 20,11 | 0,61 | 5,84 | 6,40 |
| 268,47 | 116,71 | 63,02 | 13,35 | 75,40 | 118,70 | 24,81 | 10,25 | 8,24 | 75,40 | 3,52 | 1,15 | 7,17 |
| 410,18 | 309,08 | 54,47 | 37,92 | 8,71 | 127,56 | 77,38 | 13,77 | 27,70 | 8,71 | 2,38 | 10,36 | 13,11 |
| 586,81 | 306,67 | 147,97 | 97,67 | 34,50 | 188,78 | 76,67 | 32,00 | 45,61 | 34,50 | 12,52 | 10,45 | 27,81 |
| 644,59 | 251,18 | 273,35 | 93,50 | 26,57 | 483,71 | 130,73 | 130,53 | 195,89 | 26,57 | 47,22 | 31,79 | 187,67 |
| 234,97 | 72,62 | 105,13 | 50,60 | 6,62 | 180,59 | 72,62 | 62,37 | 38,97 | 6,62 | 5,47 | 0,00 | 58,69 |
| 302,94 | 88,21 | 123,95 | 68,88 | 21,90 | 252,15 | 49,68 | 63,14 | 117,43 | 21,90 | 1,02 | 17,22 | 17,22 |
| 522,89 | 256,01 | 146,63 | 50,72 | 69,53 | 413,49 | 164,60 | 85,52 | 93,83 | 69,53 | 32,65 | 9,82 | 35,77 |
| 1164,56 | 246,92 | 525,78 | 156,18 | 235,67 | 937,78 | 232,30 | 278,67 | 191,61 | 235,20 | 9,14 | 58,96 | 316,83 |
| 1005,62 | 291,04 | 386,14 | 199,49 | 128,95 | 1420,04 | 684,79 | 254,48 | 351,82 | 128,95 | 9,52 | 77,01 | 77,01 |

ANEXO I NÚMERO DE PAQUETES EN PROYECTOS

| # Paquetes | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|-------------------|---------------|----------|-------------------|------------|----------|-------|-------|----------|-----------|-------|--|--|
| PLANTA CIMENTACIÓN | PLANTA ENTREPI SO | PERIL PÓRTICO | ZAPAT AS | VIGAS CIMENTACION | PEDESTALES | COLUMNAS | VIGAS | MUROS | VIGUETAS | ESCALERAS | OTROS | | |
| 0 | 3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 10 | 19 | 0 | 0 | 1 | 5 | | |
| 4 | 4 | 2 | 0 | 2 | 1 | 16 | 11 | 5 | 7 | 4 | 16 | | |
| 1 | 3 | 0 | 8 | 1 | 0 | 6 | 24 | 2 | 10 | 1 | 8 | | |
| 1 | 3 | 2 | 1 | 1 | 0 | 14 | 23 | 1 | 0 | 0 | 8 | | |
| 3 | 15 | 0 | 3 | 3 | 0 | 26 | 56 | 4 | 4 | 2 | 15 | | |
| 3 | 9 | 1 | 1 | 58 | 0 | 58 | 405 | 14 | 0 | 8 | 27 | | |
| 1 | 6 | 0 | 3 | 2 | 0 | 0 | 74 | 2 | 45 | 1 | 0 | | |
| 1 | 9 | 0 | 1 | 1 | 0 | 28 | 79 | 1 | 18 | 8 | 1 | | |
| 1 | 5 | 0 | 0 | 24 | 1 | 6 | 54 | 20 | 1 | 2 | 55 | | |
| 3 | 15 | 0 | 17 | 1 | 0 | 51 | 382 | 1 | 91 | 5 | 3 | | |
| 9 | 29 | 0 | 4 | 4 | 0 | 104 | 256 | 15 | 6 | 7 | 47 | | |

ANEXO J NÚMERO DE TIPOS EN PROYECTOS

| # Tipos | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|--------------------------|-----------------------------|---------------|----------------------------|------------------|----------------|---------|-------------|----------------|-----------------|-------------|--|--|
| CIMENTA CIÓN PLANTA9 | PLACA ENTREPI SO10 | PERFIL TRANSVE RSAL11 | ZAPATAS 12 | VIGAS CIMENTA CION13 | PEDESTA LES14 | COLUMN AS15 | VIGAS16 | MUROS1 7 | VIGUETA S18 | ESCALER AS19 | OTROS2 1 | | |
| 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 9 | 0 | 0 | 1 | 1 | | |
| 1 | 2 | 2 | 3 | 1 | 1 | 3 | 2 | 3 | 2 | 1 | 1 | | |
| 1 | 1 | 0 | 5 | 1 | 0 | 3 | 3 | 0 | 5 | 1 | 2 | | |
| 1 | 2 | 1 | 5 | 10 | 0 | 7 | 16 | 1 | 0 | 0 | 8 | | |
| 3 | 8 | 0 | 7 | 4 | 0 | 13 | 13 | 4 | 3 | 2 | 3 | | |
| 1 | 6 | 1 | 12 | 1 | 0 | 6 | 9 | 8 | 4 | 4 | 3 | | |
| 1 | 4 | 0 | 8 | 2 | 0 | 10 | 8 | 2 | 19 | 1 | 0 | | |
| 1 | 3 | 0 | 7 | 1 | 0 | 14 | 38 | 1 | 14 | 2 | 1 | | |
| 1 | 3 | 0 | 3 | 11 | 1 | 3 | 27 | 6 | 1 | 1 | 2 | | |
| 1 | 5 | 0 | 17 | 2 | 0 | 21 | 177 | 3 | 5 | 3 | 0 | | |
| 7 | 0 | 0 | 29 | 5 | 0 | 16 | 10 | 44 | 0 | 0 | 0 | | |

ANEXO K NÚMERO DE OBJETOS EN PROYECTOS

| # Objetos | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|--------------------------|-----------------------------|---------------|----------------------------|------------------|----------------|---------|--------|---|----------------|-----------------|--------|---|
| CIMENTA CIÓN PLANTA2 | PLACA ENTREPI S023 | PERFIL TRANSVE RSAL24 | ZAPATAS 25 | VIGAS CIMENTA CION26 | PEDESTA LES27 | COLUMN AS28 | VIGAS29 | MUROS3 | 0 | VIGUETA S31 | ESCALER AS32 | OTROS3 | 4 |
| 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12 | 16 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 4 |
| 0 | 2 | 2 | 21 | 19 | 10 | 21 | 15 | 5 | 0 | 3 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 33 | 12 | 0 | 33 | 28 | 0 | 0 | 55 | 1 | 2 | 2 |
| 1 | 2 | 2 | 26 | 11 | 0 | 26 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 8 |
| 3 | 8 | 0 | 51 | 37 | 0 | 51 | 61 | 17 | 0 | 10 | 2 | 3 | 3 |
| 1 | 6 | 1 | 21 | 28 | 0 | 34 | 200 | 27 | 0 | 133 | 4 | 3 | 3 |
| 1 | 4 | 0 | 25 | 24 | 0 | 25 | 65 | 2 | 0 | 320 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 3 | 0 | 26 | 18 | 0 | 26 | 54 | 1 | 0 | 94 | 2 | 1 | 1 |
| 1 | 5 | 0 | 20 | 22 | 12 | 12 | 50 | 14 | 0 | 40 | 2 | 2 | 2 |
| 1 | 5 | 0 | 48 | 27 | 0 | 58 | 330 | 5 | 0 | 689 | 10 | 0 | 0 |
| 7 | 11 | 0 | 139 | 80 | 0 | 111 | 154 | 44 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 |