



# UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

Facultad de Ingeniería y Arquitectura  
Escuela profesional de Ingeniería Civil



TESIS

---

Análisis comparativo del rendimiento en la producción de planos y metrados, especialidad estructuras usando métodos tradicionales y la metodología de trabajo BIM en la empresa IMTEK.

---

Presentado por Bach. Juan Rojas  
Sacatuma

Para optar al Título Profesional de  
Ingeniero Civil

Asesor: Mg. Ing. Hugo Cana Paullo

Cusco - Perú  
2017





### **Dedicatoria**

*En primer lugar a Dios, por ser modelo de mis virtudes, brindarme salud y fuerza de voluntad para culminar con esta responsabilidad trascendental en mi vida profesional.*

*A mi angelito Toty, por ser siempre mi protección especial.*

*A mis padres, Juan Rojas y Vilma Sacatuma por ser mi ejemplo en valores éticos, morales y compromiso con mi sociedad.*



### **Agradecimiento**

*En primer lugar, agradecer a mi asesor, ingeniero Hugo Cana, por el apoyo inestimable y desinteresado, quien me orientó con gran paciencia en las reuniones para la elaboración de esta investigación, siempre será un buen referente de perfil profesional que deseo alcanzar.*

*Agradecer también al ingeniero Ivan Molina, gerente de IMTEK Ingeniería, por el apoyo brindado en la facilitación de toda la información que se requirió para la investigación.*

*Por último, agradecer a la Universidad Andina del Cusco no solamente por la formación y capacitación profesional si no como dice Basadre, la universidad busca libremente la verdad, a pensar con honestidad, ver las cosas como son y con base realista proyectarse hacia un mejor futuro, dentro de un mundo que debe cambiar.*





### **Resumen**

La presente investigación tuvo como objetivo analizar comparativamente los rendimientos en la producción de planos y metrados de la especialidad estructuras usando métodos tradicionales y la metodología de trabajo BIM, medidos directamente en la etapa de diseño. Considerándose como caso de estudio el proyecto de edificaciones de infraestructura educativa "Mejoramiento de los Servicios Educativos de la I.E. N° 50677 - Nivel Primario Huancascca". Para llevar a cabo la investigación se generó un marco teórico, se analizó antecedentes de otras investigaciones nacionales e internacionales, también se trató aspectos teóricos acerca de la metodología de trabajo BIM desde los campos BIM, las etapas de maduración BIM, requerimientos de la metodología su evolución e implementaciones en el Perú y el mundo, además de todo el proceso de implementación realizado en la empresa IMTEK.

### **PALABRAS CLAVE**

BIM, implementación, rendimiento, etapa de diseño, IMTEK.



### **Abstract**

The objective of the present investigation was to analyze comparatively the performance in the production of planes and metrics of the specialty structures using traditional methods and BIM methodology, measured directly in the design stage. Considering as a case study the educational infrastructure building project "Improvement of Educational Services of the I.E. N ° 50677 - Huancascca Primary Level". To carry out the research, a theoretical framework was generated, the background of other national and international investigations was analyzed, and theoretical aspects of the BIM work methodology were discussed from the BIM fields, BIM maturity stages, methodology requirements evolution and implementations in Peru and the world, in addition to the entire implementation process carried out in the company IMTEK.

### KEYWORDS

BIM, implementation, performance, design stage, IMTEK.



## Introducción

Debido a un crecimiento en la demanda de proyectos en departamentos como el Cusco y Apurímac, hace que se busque cambios innovadores haciendo uso de nuevas metodologías que incrementen la productividad y reduzcan defectos.

En esa búsqueda de nuevas metodologías, se presenta como una alternativa el Building Information Modeling, designado por sus siglas BIM, como la implementación de una metodología de trabajo que integrada a un modelo 3D de elementos paramétricos que genera y administra la información.

La metodología de trabajo BIM muestra resultados alentadores comparados con métodos tradicionales en implementaciones en otros lugares.

Sin embargo, su grado de conocimiento e implementación en los departamentos de Cusco y Apurímac es incipiente y no se posee información publicada ni verificable.

Por ende se vio la necesidad de investigar, para obtener métricas de rendimientos en la fase de diseño usando métodos tradicionales y la metodología de trabajo BIM para posteriormente ser analizada comparativamente.





**Índice General**

Dedicatoria . . . . . i

Agradecimiento . . . . . ii

Resumen . . . . . iii

Abstract . . . . . iv

Introducción . . . . . V

1. Capítulo 1: Planteamiento de Problema . . . . . 1

    1.1. Identificación del problema. . . . . 1

        1.1.1 Descripción del problema . . . . . 1

        1.1.2 Formulación del problema . . . . . 4

    1.2. Justificación de la investigación . . . . . 4

        1.2.1 Justificación técnica . . . . . 4

        1.2.2 Justificación social . . . . . 4

        1.2.3 Justificación por viabilidad . . . . . 5

        1.2.4 Justificación por relevancia . . . . . 5

    1.3. Limitaciones de la investigación . . . . . 5

    1.4. Objetivos de la investigación. . . . . 6

        1.4.1 Objetivo general. . . . . 6

        1.4.2 Objetivos específicos . . . . . 6

    1.5. Hipótesis . . . . . 7

        1.5.1 Hipótesis general . . . . . 7

        1.5.2 Sub hipótesis . . . . . 7

    1.6. Variables e indicadores . . . . . 7

        1.6.1 Variable . . . . . 7

        1.6.2 Cuadro de operacionalización de variables. . . . . 8

2. Capítulo II: Marco teórico . . . . . 9

    2.1. Antecedentes de la tesis . . . . . 9

        2.1.1 Antecedentes a nivel nacional . . . . . 9

        2.1.2 Antecedentes a nivel internacional . . . . . 12



- 2.2. Aspectos teóricos pertinentes . . . . . 15
  - 2.2.1 Producción de planos y metrados. . . . . 15
  - 2.2.2 Metodología de trabajo BIM. . . . . 16
  - 2.2.3 Campos del BIM . . . . . 18
  - 2.2.4 Etapas de Maduración BIM . . . . . 20
  - 2.2.5 Requerimientos de la metodología de trabajo BIM . . . . . 23
  - 2.2.6 Implementaciones BIM a nivel global y local.. . . . 26
  - 2.2.7 Indicadores de productividad . . . . . 37
  - 2.2.8 Implementación de la metodología de trabajo BIM en la empresa IMTEK . . . . . 43
- 3. Capítulo III: Metodología . . . . . 62
  - 3.1. Metodología de la Investigación . . . . . 62
    - 3.1.1 Tipo de investigación . . . . . 62
    - 3.1.2 Nivel de investigación. . . . . 62
    - 3.1.3 Método de investigación . . . . . 62
  - 3.2. Diseño de la investigación . . . . . 62
    - 3.2.1 Diseño metodológico . . . . . 62
    - 3.2.2 Diseño de ingeniería . . . . . 63
  - 3.3. Población y muestra . . . . . 64
    - 3.3.1 Población . . . . . 64
    - 3.3.2 Muestra . . . . . 64
    - 3.3.3 Criterios de inclusión . . . . . 65
  - 3.4. Instrumentos . . . . . 66
    - 3.4.1 Instrumentos metodológicos . . . . . 66
    - 3.4.2 Instrumentos de ingeniería . . . . . 71
  - 3.5. Procedimientos de recolección de datos. . . . . 72
    - 3.5.1 Recolección de datos de rendimientos . . . . . 72
  - 3.6. Procedimiento de análisis de datos: . . . . . 118
    - 3.6.1 Análisis de datos de rendimientos . . . . . 118
    - 3.6.2 Diagramas y tablas . . . . . 173



3.6.3	Análisis de prueba . . . . .	177
3.6.4	Resultados . . . . .	183
4.	Discusión	186
5.	Glosario de términos	193
6.	Conclusiones	195
7.	Recomendaciones	198
8.	Referencias	199
9.	Anexos	201
9.1.	Matriz de consistencia . . . . .	201



Índice de Tablas

Tabla 1: *Defectos de Diseño.* . . . . . 1

Tabla 2: *Cuadro de operacionalización de variables* . . . . . 8

Tabla 3: *Campos en la actividad BIM* . . . . . 20

Tabla 4: *Tamaño requerido de muestra para niveles de confianza de 95 %* . 38

Tabla 5: *Área techada por bloques del proyecto* . . . . . 40

Tabla 6: *Códigos por bloques usando Métodos tradicionales.* . . . . . 41

Tabla 7: *Códigos por bloques usando la metodología de trabajo BIM.* . . . . 42

Tabla 8: *Cuantificación de muestra.* . . . . . 64

Tabla 9: *Instrumentos metodológicos.* . . . . . 66

Tabla 10: *Formato de medición de horas empleadas en campo.* . . . . . 67

Tabla 11: *Formato de medición de rendimientos electrónico.* . . . . . 68

Tabla 12: *Formato para la obtención de rendimientos.* . . . . . 69

Tabla 13: *Cronograma de rendimientos por días* . . . . . 70

Tabla 14: *Ficha de recolección plano de cimentaciones MT - A.* . . . . . 74

Tabla 15: *Recolección en dibujo de planos de cimentaciones MT - A.* . . . . 74

Tabla 16: *Recolección en ensamblado de planos de cimentaciones MT - A* . 74

Tabla 17: *Recolección en revisión y corrección de planos de cimentaciones MT - A* . . . . . 74

Tabla 18: *Ficha de recolección plano de columnas MT - A* . . . . . 75

Tabla 19: *Recolección en dibujo de planos de columnas MT - A* . . . . . 75

Tabla 20: *Recolección en ensamblado de planos de columnas MT - A.* . . . . 75

Tabla 21: *Recolección en revisión y corrección de planos de columnas MT - A* 75

Tabla 22: *Ficha de recolección plano de vigas MT - A* . . . . . 76

Tabla 23: *Recolección en dibujo de planos de vigas MT - A* . . . . . 76

Tabla 24: *Recolección en ensamblado de planos de vigas MT - A* . . . . . 76

Tabla 25: *Recolección en revisión y corrección de planos de vigas MT - A.* . 76





Tabla 26: *Ficha de recolección plano de losas MT - A* . . . . . 77

Tabla 27: *Recolección en dibujo de planos de losas MT - A* . . . . . 77

Tabla 28: *Recolección en ensamblado de planos de losas MT - A* . . . . . 77

Tabla 29: *Recolección en revisión y corrección de planos de losas MT - A.* . 77

Tabla 30: *Ficha de recolección plano de escaleras MT - A* . . . . . 78

Tabla 31: *Recolección en dibujo de planos de escaleras MT - A* . . . . . 78

Tabla 32: *Recolección en ensamblado de plano de escaleras MT - A* . . . . . 78

Tabla 33: *Recolección en revisión y corrección de planos de escaleras MT - A78*

Tabla 34: *Ficha de recolección plano de tabiques MT - A.* . . . . . 79

Tabla 35: *Recolección en dibujo de plano de tabiques MT - A* . . . . . 79

Tabla 36: *Recolección en ensamblado de plano de tabiques MT - A* . . . . . 79

Tabla 37: *Recolección en revisión y corrección de plano de tabiques MT - A.* 79

Tabla 38: *Ficha de recolección metrados MT - A* . . . . . 80

Tabla 39: *Recolección en metrado de cimentaciones MT - A.* . . . . . 80

Tabla 40: *Recolección en metrado de columnas MT - A* . . . . . 80

Tabla 41: *Recolección en metrado de losas MT - A.* . . . . . 80

Tabla 42: *Recolección en metrado de vigas MT - A.* . . . . . 81

Tabla 43: *Recolección en metrado de escaleras MT - A* . . . . . 81

Tabla 44: *Recolección en metrado de tabiques MT - A* . . . . . 81

Tabla 45: *Recolección en revisión y corrección de metrados MT - A* . . . . . 81

Tabla 46: *Ficha de recolección plano de cimentaciones MT - B* . . . . . 82

Tabla 47: *Recolección en dibujo de planos de cimentaciones MT - B* . . . . . 82

Tabla 48: *Recolección en ensamblado de planos de cimentaciones MT - B* . 82

Tabla 49: *Recolección en revisión y corrección de planos de cimentaciones  
MT - B* . . . . . 82

Tabla 50: *Ficha de recolección plano de columnas MT - B* . . . . . 83

Tabla 51: *Recolección en dibujo de planos de columnas MT - B* . . . . . 83



Tabla 52: *Recolección en ensamblado de planos de columnas MT - B.* . . . . 83

Tabla 53: *Recolección en revisión y corrección de planos de columnas MT - B* . . . . . 83

Tabla 54: *Ficha de recolección plano de vigas MT - B* . . . . . 84

Tabla 55: *Recolección en dibujo de planos de vigas MT - B* . . . . . 84

Tabla 56: *Recolección en ensamblado de planos de vigas MT - B* . . . . . 84

Tabla 57: *Recolección en revisión y corrección de planos de vigas MT - B.* . 84

Tabla 58: *Ficha de recolección plano de losas MT - B* . . . . . 85

Tabla 59: *Recolección en dibujo de planos de losas MT - B* . . . . . 85

Tabla 60: *Recolección en ensamblado de planos de losas MT - B* . . . . . 85

Tabla 61: *Recolección en revisión y corrección de planos de losas MT - B.* . 85

Tabla 62: *Ficha de recolección plano de tabiques MT - B.* . . . . . 86

Tabla 63: *Recolección en dibujo de plano de tabiques MT - B* . . . . . 86

Tabla 64: *Recolección en ensamblado de plano de tabiques MT - B* . . . . . 86

Tabla 65: *Recolección en revisión y corrección de plano de tabiques MT - B* 86

Tabla 66: *Ficha de recolección plano de tabiques MT - B.* . . . . . 87

Tabla 67: *Recolección en metrado de cimentaciones MT - B.* . . . . . 87

Tabla 68: *Recolección en metrado de columnas MT - B* . . . . . 87

Tabla 69: *Recolección en metrado de losas MT - B.* . . . . . 87

Tabla 70: *Recolección en metrado de vigas MT - B.* . . . . . 88

Tabla 71: *Recolección en metrado de tabiques MT - B* . . . . . 88

Tabla 72: *Recolección en revisión y corrección de metrados MT - B* . . . . . 88

Tabla 73: *Ficha de recolección plano de cimentaciones MT - C* . . . . . 89

Tabla 74: *Recolección en dibujo de planos de cimentaciones MT - C* . . . . . 89

Tabla 75: *Recolección en ensamblado de planos de cimentaciones MT - C* . 89

Tabla 76: *Recolección en revisión y corrección de planos de cimentaciones MT - C* . . . . . 89



Tabla 77: *Ficha de recolección plano de columnas MT - C . . . . . 90*

Tabla 78: *Recolección en dibujo de planos de columnas MT - C . . . . . 90*

Tabla 79: *Recolección en ensamblado de planos de columnas MT - C. . . . . 90*

Tabla 80: *Recolección en revisión y corrección de planos de columnas MT -  
C . . . . . 90*

Tabla 81: *Ficha de recolección plano de vigas MT - C . . . . . 91*

Tabla 82: *Recolección en dibujo de planos de vigas MT - C . . . . . 91*

Tabla 83: *Recolección en ensamblado de planos de vigas MT - C . . . . . 91*

Tabla 84: *Recolección en revisión y corrección de planos de vigas MT - C . 91*

Tabla 85: *Ficha de recolección plano de losas MT - C . . . . . 92*

Tabla 86: *Recolección en dibujo de planos de losas MT - C . . . . . 92*

Tabla 87: *Recolección en ensamblado de planos de losas MT - C . . . . . 92*

Tabla 88: *Recolección en revisión y corrección de planos de losas MT - C . 92*

Tabla 89: *Ficha de recolección plano de tabiques MT - C . . . . . 93*

Tabla 90: *Recolección en dibujo de plano de tabiques MT - C . . . . . 93*

Tabla 91: *Recolección en ensamblado de plano de tabiques MT - C. . . . . 93*

Tabla 92: *Recolección en revisión y corrección de plano de tabiques MT - C 93*

Tabla 93: *Ficha de recolección plano de metrados MT - C . . . . . 94*

Tabla 94: *Recolección en metrado de cimentaciones MT - C. . . . . 94*

Tabla 95: *Recolección en metrado de columnas MT - C . . . . . 94*

Tabla 96: *Recolección en metrado de losas MT - C. . . . . 94*

Tabla 97: *Recolección en metrado de vigas MT - C. . . . . 95*

Tabla 98: *Recolección en metrado de tabiques MT - C . . . . . 95*

Tabla 99: *Recolección en revisión y corrección de metrados MT - C . . . . . 95*

Tabla 100: *Ficha de recolección plano de cimentaciones BIM - A . . . . . 96*

Tabla 101: *Recolección en dibujo de planos de cimentaciones BIM - A . . . 96*

Tabla 102: *Recolección en ensamblado de planos de cimentaciones BIM - A 96*



Tabla 103: *Recolección en revisión y corrección de planos de cimentaciones BIM - A* . . . . . 96

Tabla 104: *Ficha de recolección plano de columnas BIM - A* . . . . . 97

Tabla 105: *Recolección en dibujo de planos de columnas BIM - A* . . . . . 97

Tabla 106: *Recolección en ensamblado de planos de columnas BIM - A* . . . 97

Tabla 107: *Recolección en revisión y corrección de planos de columnas BIM - A* . . . . . 97

Tabla 108: *Ficha de recolección plano de vigas BIM - A* . . . . . 98

Tabla 109: *Recolección en dibujo de planos de vigas BIM - A* . . . . . 98

Tabla 110: *Recolección en ensamblado de planos de vigas BIM - A* . . . . . 98

Tabla 111: *Recolección en revisión y corrección de planos de vigas BIM - A* . 98

Tabla 112: *Ficha de recolección plano de losas BIM - A* . . . . . 99

Tabla 113: *Recolección en dibujo de planos de losas BIM - A* . . . . . 99

Tabla 114: *Recolección en ensamblado de planos de losas BIM - A* . . . . . 99

Tabla 115: *Recolección en revisión y corrección de planos de losas BIM - A* . 99

Tabla 116: *Ficha de recolección plano de escaleras BIM - A* . . . . . 100

Tabla 117: *Recolección en dibujo de planos de escaleras BIM - A* . . . . . 100

Tabla 118: *Recolección en ensamblado de plano de escaleras BIM - A* . . . 100

Tabla 119: *Recolección en revisión y corrección de planos de escaleras BIM - A* . . . . . 100

Tabla 120: *Ficha de recolección plano de tabiques BIM - A* . . . . . 101

Tabla 121: *Recolección en dibujo de plano de tabiques BIM - A* . . . . . 101

Tabla 122: *Recolección en ensamblado de plano de tabiques BIM - A* . . . . 101

Tabla 123: *Recolección en revisión y corrección de plano de tabiques BIM - A*  
101

Tabla 124: *Ficha de recolección metrados BIM - A* . . . . . 102

Tabla 125: *Recolección en metrado de cimentaciones BIM - A* . . . . . 102

Tabla 126: *Recolección en metrado de columnas BIM - A* . . . . . 102



Tabla 127: *Recolección en metrado de losas BIM - A* . . . . . 102

Tabla 128: *Recolección en metrado de vigas BIM - A* . . . . . 103

Tabla 129: *Recolección en metrado de escaleras BIM - A* . . . . . 103

Tabla 130: *Recolección en metrado de tabiques BIM - A* . . . . . 103

Tabla 131: *Recolección en revisión y corrección de metrados BIM - A* . . . . 103

Tabla 132: *Ficha de recolección de plano cimentaciones BIM - B* . . . . . 104

Tabla 133: *Recolección en dibujo de planos de cimentaciones BIM - B* . . . 104

Tabla 134: *Recolección en ensamblado de planos de cimentaciones BIM - B* 104

Tabla 135: *Recolección en revisión y corrección de planos de cimentaciones BIM - B* . . . . . 104

Tabla 136: *Ficha de recolección de plano columnas BIM - B* . . . . . 105

Tabla 137: *Recolección en dibujo de planos de columnas BIM - B* . . . . . 105

Tabla 138: *Recolección en ensamblado de planos de columnas BIM - B* . . . 105

Tabla 139: *Recolección en revisión y corrección de planos de columnas BIM - B* . . . . . 105

Tabla 140: *Ficha de recolección de plano vigas BIM - B* . . . . . 106

Tabla 141: *Recolección en dibujo de planos de vigas BIM - B* . . . . . 106

Tabla 142: *Recolección en ensamblado de planos de vigas BIM - B* . . . . . 106

Tabla 143: *Recolección en revisión y corrección de planos de vigas BIM - B* 106

Tabla 144: *Ficha de recolección de plano losas BIM - B* . . . . . 107

Tabla 145: *Recolección en dibujo de planos de losas BIM - B* . . . . . 107

Tabla 146: *Recolección en ensamblado de planos de losas BIM - B* . . . . . 107

Tabla 147: *Recolección en revisión y corrección de planos de losas BIM - B* 107

Tabla 148: *Ficha de recolección de plano tabiques BIM - B* . . . . . 108

Tabla 149: *Recolección en dibujo de plano de tabiques BIM - B* . . . . . 108

Tabla 150: *Recolección en ensamblado de plano de tabiques BIM - B* . . . . 108

Tabla 151: *Recolección en revisión y corrección de plano de tabiques BIM - B* . . . . . 108



Tabla 152: *Ficha de recolección de metrados BIM - B* . . . . . 109

Tabla 153: *Recolección en metrado de cimentaciones BIM - B.* . . . . . 109

Tabla 154: *Recolección en metrado de columnas BIM - B* . . . . . 109

Tabla 155: *Recolección en metrado de losas BIM - B.* . . . . . 109

Tabla 156: *Recolección en metrado de vigas BIM - B.* . . . . . 110

Tabla 157: *Recolección en metrado de tabiques BIM - B.* . . . . . 110

Tabla 158: *Recolección en revisión y corrección de metrados BIM - B.* . . . . 110

Tabla 159: *Ficha de recolección de plano cimentaciones BIM - C* . . . . . 111

Tabla 160: *Recolección en dibujo de planos de cimentaciones BIM - C* . . . . 111

Tabla 161: *Recolección en ensamblado de planos de cimentaciones BIM - C* 111

Tabla 162: *Recolección en revisión y corrección de planos de cimentaciones BIM - C.* . . . . . 111

Tabla 163: *Ficha de recolección de plano columnas BIM - C.* . . . . . 112

Tabla 164: *Recolección en dibujo de planos de columnas BIM - C.* . . . . . 112

Tabla 165: *Recolección en ensamblado de planos de columnas BIM - C* . . 112

Tabla 166: *Recolección en revisión y corrección de planos de columnas BIM - C.* . . . . . 112

Tabla 167: *Ficha de recolección de plano vigas BIM - C* . . . . . 113

Tabla 168: *Recolección en dibujo de planos de vigas BIM - C* . . . . . 113

Tabla 169: *Recolección en ensamblado de planos de vigas BIM - C.* . . . . . 113

Tabla 170: *Recolección en revisión y corrección de planos de vigas BIM - C* 113

Tabla 171: *Ficha de recolección de plano losas BIM - C* . . . . . 114

Tabla 172: *Recolección en dibujo de planos de losas BIM - C* . . . . . 114

Tabla 173: *Recolección en ensamblado de planos de losas BIM - C.* . . . . . 114

Tabla 174: *Recolección en revisión y corrección de planos de losas BIM - C* 114

Tabla 175: *Ficha de recolección de plano tabiques BIM - C* . . . . . 115

Tabla 176: *Recolección en dibujo de plano de tabiques BIM - C* . . . . . 115





Tabla 177: *Recolección en ensamblado de plano de tabiques BIM - C* . . . . . 115

Tabla 178: *Recolección en revisión y corrección de plano de tabiques BIM - C* . . . . . 115

Tabla 179: *Ficha de recolección de plano tabiques BIM - C* . . . . . 116

Tabla 180: *Recolección en metrado de cimentaciones BIM - C*. . . . . 116

Tabla 181: *Recolección en metrado de columnas BIM - C* . . . . . 116

Tabla 182: *Recolección en metrado de losas BIM - C*. . . . . 116

Tabla 183: *Recolección en metrado de vigas BIM - C*. . . . . 117

Tabla 184: *Recolección en metrado de tabiques BIM - C*. . . . . 117

Tabla 185: *Recolección en revisión y corrección de metrados BIM - C* . . . . . 117

Tabla 186: *Rendimiento en dibujo de planos de cimentaciones MT - A*. . . . . 119

Tabla 187: *Rendimiento en ensamblado de planos de cimentaciones MT - A* 119

Tabla 188: *Rendimiento en revisión y corrección de planos de cimentaciones MT - A* . . . . . 119

Tabla 189: *Rendimiento en dibujo de planos de columnas MT - A* . . . . . 120

Tabla 190: *Rendimiento en ensamblado de planos de columnas MT - A* . . . 120

Tabla 191: *Rendimiento en revisión y corrección de planos de columnas MT - A* . . . . . 120

Tabla 192: *Rendimiento en dibujo de planos de vigas MT - A*. . . . . 121

Tabla 193: *Rendimiento en ensamblado de planos de vigas MT - A* . . . . . 121

Tabla 194: *Rendimiento en revisión y corrección de planos de vigas MT - A* . 121

Tabla 195: *Rendimiento en dibujo de planos de losas MT - A*. . . . . 122

Tabla 196: *Rendimiento en ensamblado de planos de losas MT - A* . . . . . 122

Tabla 197: *Rendimiento en revisión y corrección de planos de losas MT - A* . 122

Tabla 198: *Rendimiento en dibujo de planos de escaleras MT - A* . . . . . 123

Tabla 199: *Rendimiento en ensamblado de plano de escaleras MT - A* . . . . 123

Tabla 200: *Rendimiento en revisión y corrección de planos de escaleras MT - A* . . . . . 123



Tabla 201: *Rendimiento en dibujo de plano de tabiques MT - A* . . . . . 124

Tabla 202: *Rendimiento en ensamblado de plano de tabiques MT - A* . . . . . 124

Tabla 203: *Rendimiento en revisión y corrección de plano de tabiques MT - A*  
124

Tabla 204: *Rendimiento en metrado de cimentaciones MT - A* . . . . . 125

Tabla 205: *Rendimiento en metrado de columnas MT - A.* . . . . . 125

Tabla 206: *Rendimiento en metrado de losas MT - A.* . . . . . 125

Tabla 207: *Rendimiento en metrado de vigas MT - A* . . . . . 126

Tabla 208: *Rendimiento en metrado de escaleras MT - A.* . . . . . 126

Tabla 209: *Rendimiento en metrado de tabiques MT - A* . . . . . 126

Tabla 210: *Rendimiento en revisión y corrección de metrados MT - A* . . . . . 127

Tabla 211: *Cronograma con rendimientos MT - A.* . . . . . 128

Tabla 212: *Rendimiento en dibujo de planos de cimentaciones MT - B.* . . . 129

Tabla 213: *Rendimiento en ensamblado de planos de cimentaciones MT - B* 129

Tabla 214: *Rendimiento en revisión y corrección de planos de cimentaciones*  
*MT - B* . . . . . 129

Tabla 215: *Rendimiento en dibujo de planos de columnas MT - B* . . . . . 130

Tabla 216: *Rendimiento en ensamblado de planos de columnas MT - B.* . . 130

Tabla 217: *Rendimiento en revisión y corrección de planos de columnas MT -*  
*B* . . . . . 130

Tabla 218: *Rendimiento en dibujo de planos de vigas MT - B* . . . . . 131

Tabla 219: *Rendimiento en ensamblado de planos de vigas MT - B* . . . . . 131

Tabla 220: *Rendimiento en revisión y corrección de planos de vigas MT - B.* 131

Tabla 221: *Rendimiento en dibujo de planos de losas MT - B* . . . . . 132

Tabla 222: *Rendimiento en ensamblado de planos de losas MT - B* . . . . . 132

Tabla 223: *Rendimiento en revisión y corrección de planos de losas MT - B.* 132

Tabla 224: *Rendimiento en dibujo de plano de tabiques MT - B* . . . . . 133

Tabla 225: *Rendimiento en ensamblado de plano de tabiques MT - B* . . . . . 133





Tabla 226: *Rendimiento en revisión y corrección de plano de tabiques MT - B*  
133

Tabla 227: *Rendimiento en metrado de cimentaciones MT - B . . . . .* 134

Tabla 228: *Rendimiento en metrado de columnas MT - B . . . . .* 134

Tabla 229: *Rendimiento en metrado de losas MT - B . . . . .* 134

Tabla 230: *Rendimiento en metrado de vigas MT - B . . . . .* 135

Tabla 231: *Rendimiento en metrado de tabiques MT - B . . . . .* 135

Tabla 232: *Rendimiento en revisión y corrección de metrados MT - B . . . .* 135

Tabla 233: *Cronograma con rendimientos MT - B. . . . .* 136

Tabla 234: *Rendimiento en dibujo de planos de cimentaciones MT - C . . .* 137

Tabla 235: *Rendimiento en ensamblado de planos de cimentaciones MT - C* 137

Tabla 236: *Rendimiento en revisión y corrección de planos de cimentaciones  
MT - C . . . . .* 137

Tabla 237: *Rendimiento en dibujo de planos de columnas MT - C . . . . .* 138

Tabla 238: *Rendimiento en ensamblado de planos de columnas MT - C. . .* 138

Tabla 239: *Rendimiento en revisión y corrección de planos de columnas MT -  
C . . . . .* 138

Tabla 240: *Rendimiento en dibujo de planos de vigas MT - C . . . . .* 139

Tabla 241: *Rendimiento en ensamblado de planos de vigas MT - C . . . . .* 139

Tabla 242: *Rendimiento en revisión y corrección de planos de vigas MT - C.* 139

Tabla 243: *Rendimiento en dibujo de planos de losas MT - C . . . . .* 140

Tabla 244: *Rendimiento en ensamblado de planos de losas MT - C . . . . .* 140

Tabla 245: *Rendimiento en revisión y corrección de planos de losas MT - C.* 140

Tabla 246: *Rendimiento en dibujo de plano de tabiques MT - C . . . . .* 141

Tabla 247: *Rendimiento en ensamblado de plano de tabiques MT - C . . . .* 141

Tabla 248: *Rendimiento en revisión y corrección de plano de tabiques MT - C*  
141

Tabla 249: *Rendimiento en metrado de cimentaciones MT - C . . . . .* 142



Tabla 250: *Rendimiento en metrado de columnas MT - C* . . . . . 142

Tabla 251: *Rendimiento en metrado de losas MT - C* . . . . . 142

Tabla 252: *Rendimiento en metrado de vigas MT - C* . . . . . 143

Tabla 253: *Rendimiento en metrado de tabiques MT - C* . . . . . 143

Tabla 254: *Rendimiento en revisión y corrección de metrados MT - C* . . . . 143

Tabla 255: *Cronograma con rendimientos MT - C* . . . . . 144

Tabla 256: *Rendimiento en dibujo de planos de cimentaciones BIM - A* . . . 145

Tabla 257: *Rendimiento en ensamblado de planos de cimentaciones BIM - A*  
145

Tabla 258: *Rendimiento en revisión y corrección de planos de cimentaciones BIM - A* . . . . . 145

Tabla 259: *Rendimiento en dibujo de planos de columnas BIM - A* . . . . . 146

Tabla 260: *Rendimiento en ensamblado de planos de columnas BIM - A* . . 146

Tabla 261: *Rendimiento en revisión y corrección de planos de columnas BIM - A* . . . . . 146

Tabla 262: *Rendimiento en dibujo de planos de vigas BIM - A* . . . . . 147

Tabla 263: *Rendimiento en ensamblado de planos de vigas BIM - A* . . . . 147

Tabla 264: *Rendimiento en revisión y corrección de planos de vigas BIM - A* 147

Tabla 265: *Rendimiento en dibujo de planos de losas BIM - A* . . . . . 148

Tabla 266: *Rendimiento en ensamblado de planos de losas BIM - A* . . . . 148

Tabla 267: *Rendimiento en revisión y corrección de planos de losas BIM - A* 148

Tabla 268: *Rendimiento en dibujo de planos de escaleras BIM - A* . . . . . 149

Tabla 269: *Rendimiento en ensamblado de plano de escaleras BIM - A* . . . 149

Tabla 270: *Rendimiento en revisión y corrección de planos de escaleras BIM - A* . . . . . 149

Tabla 271: *Rendimiento en dibujo de plano de tabiques BIM - A* . . . . . 150

Tabla 272: *Rendimiento en ensamblado de plano de tabiques BIM - A* . . . 150

Tabla 273: *Rendimiento en revisión y corrección de plano de tabiques BIM -*



A . . . . . 150

Tabla 274: *Rendimiento en metrado de cimentaciones BIM - A.* . . . . . 151

Tabla 275: *Rendimiento en metrado de columnas BIM - A* . . . . . 151

Tabla 276: *Rendimiento en metrado de losas BIM - A* . . . . . 151

Tabla 277: *Rendimiento en metrado de vigas BIM - A* . . . . . 152

Tabla 278: *Rendimiento en metrado de escaleras BIM - A* . . . . . 152

Tabla 279: *Rendimiento en metrado de tabiques BIM - A.* . . . . . 152

Tabla 280: *Rendimiento en revisión y corrección de metrados BIM - A.* . . . 153

Tabla 281: *Cronograma con rendimientos BIM - A* . . . . . 154

Tabla 282: *Rendimiento en dibujo de planos de cimentaciones* . . . . .  
*BIM - B.* . . . . . 155

Tabla 283: *Rendimiento en ensamblado de planos de cimentaciones BIM - B*  
155

Tabla 284: *Rendimiento en revisión y corrección de planos de cimentaciones*  
*BIM - B.* . . . . . 155

Tabla 285: *Rendimiento en dibujo de planos de columnas BIM - B.* . . . . . 156

Tabla 286: *Rendimiento en ensamblado de planos de columnas BIM - B* . . 156

Tabla 287: *Rendimiento en revisión y corrección de planos de columnas BIM*  
- B . . . . . 156

Tabla 288: *Rendimiento en dibujo de planos de vigas BIM - B* . . . . . 157

Tabla 289: *Rendimiento en ensamblado de planos de vigas BIM - B.* . . . . 157

Tabla 290: *Rendimiento en revisión y corrección de planos de vigas BIM - B* 157

Tabla 291: *Rendimiento en dibujo de planos de losas BIM - B* . . . . . 158

Tabla 292: *Rendimiento en ensamblado de planos de losas BIM - B.* . . . . 158

Tabla 293: *Rendimiento en revisión y corrección de planos de losas BIM - B* 158

Tabla 294: *Rendimiento en dibujo de plano de tabiques BIM - B* . . . . . 159

Tabla 295: *Rendimiento en ensamblado de plano de tabiques BIM - B.* . . . 159

Tabla 296: *Rendimiento en revisión y corrección de plano de tabiques BIM -*



*B* . . . . . 159

Tabla 297: *Rendimiento en metrado de cimentaciones BIM - B* . . . . . 160

Tabla 298: *Rendimiento en metrado de columnas BIM - B* . . . . . 160

Tabla 299: *Rendimiento en metrado de losas BIM - B* . . . . . 160

Tabla 300: *Rendimiento en metrado de vigas BIM - B* . . . . . 161

Tabla 301: *Rendimiento en metrado de tabiques BIM - B.* . . . . . 161

Tabla 302: *Rendimiento en revisión y corrección de metrados BIM - B.* . . . 161

Tabla 303: *Cronograma con rendimientos BIM - B* . . . . . 162

Tabla 304: *Rendimiento en dibujo de planos de cimentaciones BIM - C* . . . 163

Tabla 305: *Rendimiento en ensamblado de planos de cimentaciones BIM - C*  
163

Tabla 306: *Rendimiento en revisión y corrección de planos de cimentaciones*  
*BIM - C.* . . . . . 163

Tabla 307: *Rendimiento en dibujo de planos de columnas BIM - C.* . . . . . 164

Tabla 308: *Rendimiento en ensamblado de planos de columnas BIM - C* . . 164

Tabla 309: *Rendimiento en revisión y corrección de planos de columnas BIM*  
*- C* . . . . . 164

Tabla 310: *Rendimiento en dibujo de planos de vigas BIM - C* . . . . . 165

Tabla 311: *Rendimiento en ensamblado de planos de vigas BIM - C.* . . . . 165

Tabla 312: *Rendimiento en revisión y corrección de planos de vigas BIM - C* 165

Tabla 313: *Rendimiento en dibujo de planos de losas BIM - C* . . . . . 166

Tabla 314: *Rendimiento en ensamblado de planos de losas BIM - C.* . . . . 166

Tabla 315: *Rendimiento en revisión y corrección de planos de losas BIM - C* 166

Tabla 316: *Rendimiento en dibujo de plano de tabiques BIM - C* . . . . . 167

Tabla 317: *Rendimiento en ensamblado de plano de tabiques BIM - C* . . . 167

Tabla 318: *Rendimiento en revisión y corrección de plano de tabiques BIM -*  
*C* . . . . . 167

Tabla 319: *Rendimiento en metrado de cimentaciones BIM - C* . . . . . 168



Tabla 320: *Rendimiento en metrado de columnas BIM - C* . . . . . 168

Tabla 321: *Rendimiento en metrado de losas BIM - C* . . . . . 168

Tabla 322: *Rendimiento en metrado de vigas BIM - C* . . . . . 169

Tabla 323: *Rendimiento en metrado de tabiques BIM - C.* . . . . . 169

Tabla 324: *Rendimiento en revisión y corrección de metrados BIM - C.* . . . 169

Tabla 325: *Cronograma con rendimientos BIM - C* . . . . . 170

Tabla 326: *Rendimiento neto, factorado y proceso estadístico - MT* . . . . . 173

Tabla 327: *Rendimiento neto, factorado y proceso estadístico - BIM.* . . . . 175

Tabla 328: *Resultado de rendimientos factorado de subactividades MT* . . . 177

Tabla 329: *Resultado de rendimientos factorado de subactividades BIM.* . . 180

Tabla 330: *Comparación de rendimiento factorado de subactividades por metodologías.* . . . . . 183

Tabla 331: *Comparación de rendimientos factorado por producción* . . . . . 185

Tabla 332: *Comparación de rendimientos factorado por metodologías.* . . . 185

Tabla 333: *Análisis de rendimientos BIM con antecedentes.* . . . . . 187

Tabla 334: *Matriz de consistencia* . . . . . 202



**Índice de Figuras**

*Figura 1* Influencia del diseño en la productividad . . . . . 2

*Figura 2* Innovación en la Ingeniería con BIM. . . . . 3

*Figura 3* Aplicación en el diseño BIM. . . . . 17

*Figura 4* Aplicación en la construcción y operación BIM. . . . . 18

*Figura 5* Los tres campos entrelazados de la actividad BIM . . . . . 19

*Figura 6* Madurez BIM dividida en tres etapas . . . . . 21

*Figura 7* Implementaciones del BIM en el mundo. . . . . 26

*Figura 8* Implementaciones del BIM en Europa.. . . . 30

*Figura 9* Implementaciones del BIM en América. . . . . 32

*Figura 10* Implementaciones del BIM en África, Asia, Oceanía. . . . . 34

*Figura 11* Analizando los flujos de trabajo. . . . . 43

*Figura 12* Flujo de trabajo en etapa Mét. tradicionales. . . . . 45

*Figura 13* Analizando los roles y responsabilidades. . . . . 46

*Figura 14* Corrección esquema de roles y responsabilidades. . . . . 47

*Figura 15* Roles y responsabilidades Mét. tradicionales. . . . . 47

*Figura 16* Analizando formato de estandarización de planos. . . . . 48

*Figura 17* Nivel de Detalle Mét. tradicionales. . . . . 49

*Figura 18* Detalle Típico y Librería de detalles Mét. tradicionales. . . . . 50

*Figura 19* Capas CAD Mét. tradicionales. . . . . 50

*Figura 20* Tipografía Mét. tradicionales. . . . . 51

*Figura 21* Analizando formato de estandarización de metrados. . . . . 52

*Figura 22* Metrados Mét. tradicionales. . . . . 52

*Figura 23* Implementación BIM I . . . . . 53

*Figura 24* Flujo de trabajo BIM I. . . . . 54

*Figura 25* Dibujo CAD vs modelo 3D BIM . . . . . 55



*Figura 26* Modelo 3D BIM dinámico en etapa BIM I . . . . . 55

*Figura 27* Software BIM I.. . . . . 56

*Figura 28* Nivel de Detalle BIM I. . . . . 58

*Figura 29* Diccionario de datos de familias BIM I. . . . . 59

*Figura 30* Librería por especialidades BIM I. . . . . 59

*Figura 31* Familias BIM I. . . . . 60

*Figura 32* Archivos de almacenamiento e intercambio BIM I. . . . . 61

*Figura 33* Tipos de archivos Mét. Tradicionales vs BIM I. . . . . 61

*Figura 34* Flujograma de ingeniería. . . . . 63

*Figura 35* Comparación de rendimientos por subactividades - MT . . . . .174

*Figura 36* Comparación de rendimientos por subactividades - BIM . . . . .176

*Figura 37* Resultado de rendimientos factorado de subactividades MT . . .179

*Figura 38* Resultado de rendimientos factorado de subactividades BIM . . .182

*Figura 39* Comparación de rendimiento factorado de subactividades por metodologías. . . . .184

*Figura 40* Comparación de rendimientos factorado por producción. . . . .185

*Figura 41* Comparación de rendimientos factorado por metodologías.. . . .185

*Figura 42* Análisis de rendimientos BIM con antecedentes. . . . .187





## 1. Capítulo 1: Planteamiento de Problema

### 1.1. Identificación del problema

#### 1.1.1 Descripción del problema

Existe un crecimiento en la demanda de proyectos en departamentos como el Cusco y Apurímac, hace que se busque cambios innovadores haciendo uso de nuevas metodologías que incrementen la productividad y reduzcan defectos.

Actualmente ya se vienen empleando nuevas técnicas y metodológicas como el lean construction que vienen innovando en la fase de construcción.

Sin embargo, no se evidencian innovaciones en la fase de diseño, fase del proceso donde aun se muestran deficiencias.

En un estudio de Alarcón y Mardones (1998) acerca de los defectos de la fase de diseño se muestra, que la causa más incidente es el escaso detalle de los elementos estructurales.

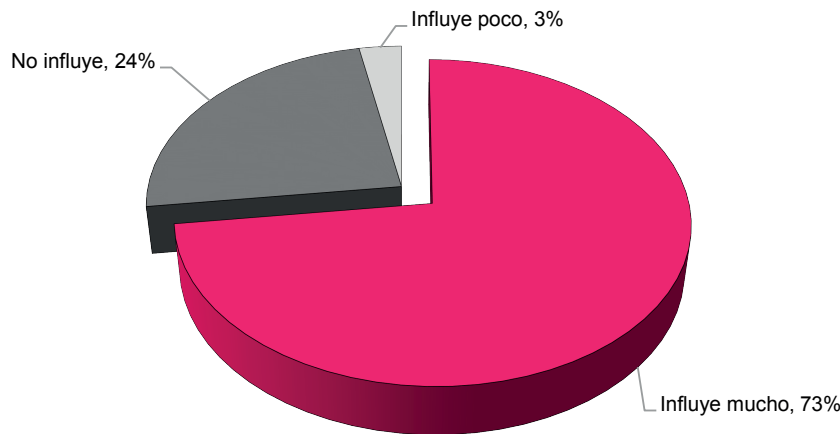
Tabla 1: Defectos de Diseño

N°	Defectos de Diseño	%
1	Escaso detalle de los elementos estructurales.	13.97%
2	Falta de planos detalles de arquitectura.	12.78%
3	Incompatibilidad entre las diferentes especialidades.	11.59%
4	Cruce de información incorrecto con estructuras.	8.17%
5	Falta de definición de elementos de arquitectura.	6.54%
6	Modificaciones en los planos de estructuras.	6.39%
7	Falta de dimensiones de arquitectura.	6.24%
8	Falta de identificación y ubicación de elementos de arquitectura.	5.65%
9	Materiales de acabados que requieren muestras.	4.75%
10	Problemas con los ejes.	4.46%
11	Defectos de diseño en el desagüe.	4.16%
12	Cruce de información incorrecto con arquitectura.	3.12%
13	Cambios de diseño de propietario.	3.12%
14	Defectos de diseño eléctrico.	2.97%
15	Se entregan tarde los planos de arquitectura.	1.93%
16	Defectos en los diseños A.C.	1.49%
17	Problemas con los equipos eléctricos.	0.89%
18	Estructura de los equipos.	0.59%
19	Problemas con los materiales en el mercado.	0.45%
20	Convención de símbolos.	0.45%
21	Defecto en los diseños de gas.	0.30%
Total		100.0%

Fuente: Clasificación de defectos, Santiago de Chile (Alarcón y Mardones, 1998).

Adicionalmente, Vásquez (2005) en la que se entrevistó a ingenieros residentes y maestros de obras de edificación de viviendas en Lima, concluyó que el 73% de los entrevistados percibe que la fase de diseño tiene una gran influencia en la productividad de la obra.

Figura 1: Influencia del diseño en la productividad



Fuente: Influencia del diseño en la productividad (Vásquez, 2005).

Las innovaciones en la fase de diseño deben centrarse en buscar que el proceso sea más productivo y que cumpla con niveles de calidad, es decir buscar metodologías que nos permitan reducir tiempos en la producción y reducir defectos de diseño.

En esa búsqueda de nuevas metodologías, se presenta como una alternativa el Building Information Modeling, designado por sus siglas BIM, como la implementación de una metodología de trabajo que integrada a un modelo 3D de elementos paramétricos que genera y administra la información.

La metodología de trabajo BIM muestra resultados alentadores comparados con métodos tradicionales en implementaciones en otros lugares.

Sin embargo, su grado de conocimiento e implementación en estos departamentos es incipiente y no se posee información publicada ni verificable.

Por ende se vio la necesidad de investigar, para obtener métricas de rendimientos en la fase de diseño usando métodos tradicionales y la metodología de trabajo BIM para posteriormente ser analizada comparativamente.



Figura 2: Innovación en la Ingeniería con BIM  
Fuente: Elaboración propia.

La metodología de trabajo BIM permite reducir de defectos en la fase de diseño mejorando así el nivel de calidad de los planos estructurales y metrados del componente estructural. Este nivel de calidad cobra relevancia cuando la edificación que se piensa diseñar es una edificación categorizada como esencial.

Según el RNE (2006) las instituciones educativas se encuentran dentro de la categoría de edificaciones esenciales, es decir que deben servir de refugio después de un desastre, entonces al diseñarla se debe disminuir deficiencias en la producción de planos y metrados.

## 1.1.2 Formulación del problema

### 1.1.2.1 Formulación del problema general

¿Cuál es el análisis comparativo del rendimiento en la producción de planos y metrados de la especialidad de estructuras usando métodos tradicionales y la metodología de trabajo BIM en la empresa IMTEK?

### 1.1.2.2 Formulación de los problemas específicos

- **Formulación N°1.-** ¿Cuál es el rendimiento en la producción de planos de la especialidad de estructuras usando la metodología de trabajo BIM?

- **Formulación N°2.-** ¿Cuál es el rendimiento en la producción de planos de la especialidad de estructuras usando métodos tradicionales?

- **Formulación N°3.-** ¿Cuál es el rendimiento en la producción de metrados de la especialidad de estructuras usando la metodología de trabajo BIM?

- **Formulación N°4.-** ¿Cuál es el rendimiento en la producción de metrados de la especialidad de estructuras usando métodos tradicionales?

## 1.2. Justificación de la investigación

### 1.2.1 Justificación técnica

La investigación pertenece al área de Construcciones dentro de la ingeniería civil.

Con la investigación se pretende obtener métricas de rendimientos en la producción de planos y metrados de la especialidad de estructuras usando métodos tradicionales y la metodología de trabajo BIM.

Para posteriormente ser analizada comparativamente, basándose en métricas detalladas de rendimientos.

### 1.2.2 Justificación social

La investigación es de utilidad para los estudiantes de la Universidad Andina del Cusco, en la medida que consulten el presente documento podrán ampliar conocimientos acerca de la producción de planos y metrados de la especialidad de estructuras en fase de diseño, donde no solamente se muestra un flujo de trabajo real sino el proceso implementando la metodología de trabajo BIM en una empresa, donde se aporta información útil sobre la metodología, aspectos teóricos, detalles de la implementación y la metodología para medir la productividad en fases de diseño.

En la medida que los resultados se socialicen, los beneficiarios son los profesionales, ingenieros civiles que desean realizar innovaciones en la fase de diseño, principalmente implementaciones de la metodología de trabajo BIM.

### **1.2.3 Justificación por viabilidad**

La investigación implica la obtención de métricas de rendimientos en la producción de planos y metrados en la empresa IMTEK donde se contó con pleno acceso para la recolección de datos.

La realización de la investigación se consideró viable debido a que se tenía la disponibilidad de recursos financieros, humanos y materiales.

### **1.2.4 Justificación por relevancia**

La investigación permite generar nuevas inquietudes de la aplicación de la metodología de trabajo BIM que no abarca solamente el campo estructural sino también el de otras especialidades, como la de arquitectura o instalaciones MEP.

La investigación propone una implementación adaptada a una empresa, dotando así de una base para futuras implementaciones que puede ser replicada, desarrollada y mejorada.

La investigación propone un aporte práctico pues ayuda a entender cómo funciona un flujo de trabajo real en la fase de diseño en la especialidad de estructuras.

La investigación propone una metodología para medir la productividad en fases de diseño.

## **1.3. Limitaciones de la investigación**

- Se limitó a la obtención de métricas de rendimientos en la producción de planos y metrados en la fase de diseño.

- Se limitó a proyectos de edificación infraestructura educativa.

- Se limitó a la obtención de métricas realizadas en un proyecto en la especialidad de estructuras.

- El caso de estudio fue la producción de planos y metrados de la especialidad estructuras en el proyecto de Edificaciones de Infraestructura Educativa “Mejoramiento de los Servicios Educativos de la I.E. N° 50677 - Nivel Primario Huancascca”.



- Se utilizó el software CAD Autodesk AutoCAD versión 2017 para la producción de planos y metrados usando métodos tradicionales.
- Se utilizó el software BIM Autodesk Revit versión 2017 para el modelado 3D BIM de la estructura, para la producción de planos y metrados.
- Usando la metodología tradicional se requirió de conocimiento de herramientas CAD (Pre-BIM).
- Usando la metodología de BIM se requirió de conocimiento de herramientas BIM (Etapa BIM 1).
- La implementación se realizó en la empresa IMTEK especializada en la elaboración de proyectos de ingeniería estructural.

#### **1.4. Objetivos de la investigación**

##### **1.4.1 Objetivo general**

- Analizar comparativamente el rendimiento en la producción de planos y metrados de la especialidad de estructuras usando métodos tradicionales y la metodología de trabajo BIM en la empresa IMTEK.

##### **1.4.2 Objetivos específicos**

- **Objetivo Específico N°1.-** Determinar cual es el rendimiento en la producción de planos de la especialidad de estructuras usando la metodología de trabajo BIM.
- **Objetivo Específico N°2.-** Determinar cual es el rendimiento en la producción de planos de la especialidad de estructuras usando métodos tradicionales.
- **Objetivo Específico N°3.-** Determinar cual es el rendimiento en la producción de metrados de la especialidad de estructuras usando la metodología de trabajo BIM.
- **Objetivo Específico N°4.-** Determinar cual es el rendimiento en la producción de metrados de la especialidad de estructuras usando métodos tradicionales.



## 1.5. Hipótesis

### 1.5.1 Hipótesis general

Usando la metodología de trabajo BIM se obtendrá un mejor rendimiento frente a métodos tradicionales, pues requerirá menos hh/m<sup>2</sup> en la producción de planos y metrados de la especialidad de estructuras.

### 1.5.2 Sub hipótesis

- **Sub Hipótesis N°1.**- El rendimiento en la producción de planos de la especialidad de estructuras usando metodología de trabajo BIM requerirá menos hh/m<sup>2</sup>.

- **Sub Hipótesis N°2.**- El rendimiento en la producción de planos de la especialidad de estructuras usando métodos tradicionales requerirá más hh/m<sup>2</sup>.

- **Sub Hipótesis N°3.**- El rendimiento en la producción de metrados de la especialidad de estructuras usando metodología de trabajo BIM requerirá menos hh/m<sup>2</sup>.

- **Sub Hipótesis N°4.**- El rendimiento en la producción de metrados de la especialidad de estructuras usando métodos tradicionales requerirá más hh/m<sup>2</sup>.

## 1.6. Variables e indicadores

### 1.6.1 Variable

#### 1.6.1.1 Rendimiento

Rendimiento en la producción de planos estructurales y metrados del componente estructural.

##### 1.6.1.1.1 Indicador

- Horas hombre empleadas en la producción de planos estructurales y metrados del componente estructural.

##### 1.6.1.1.2 Unidad de medida del indicador

Horas hombre por metro cuadrado de área techada (hh/m<sup>2</sup>)



### 1.6.2 Cuadro de operacionalización de variables

Tabla 2: Cuadro de operacionalización de variables

<i>Denominación de la variable</i>	<i>Descripción de la variable</i>	<i>Indicador</i>	<i>Unidad de medida del indicador</i>	<i>Instrumento de medición del indicador</i>
Rendimiento en la producción de planos y metrados	Rendimiento en la producción de planos estructurales y metrados del componente estructural.	Horas hombre empleadas en la producción de planos estructurales y metrados del componente estructural.	hh/m <sup>2</sup>	- Formato recolección datos.

Fuente: Elaboración propia.



## 2. Capítulo II: Marco teórico

### 2.1. Antecedentes de la tesis

#### 2.1.1 Antecedentes a nivel nacional

##### 2.1.1.1 Metodología para minimizar las deficiencias de diseño basada en la construcción virtual usando tecnología BIM.

###### *Autor*

Paul Vladimir Alcántara Rojas

###### *Lugar y año*

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), Lima, 2013.

###### *Resumen*

Los documentos de diseño e ingeniería son elaborados en la etapa de diseño por arquitectos, consultoras y proyectistas de ingeniería, desempeñando un papel importante en los proyectos de construcción ya que trasladan las necesidades y requerimientos del cliente en planos y especificaciones técnicas.

En una situación ideal, los documentos contractuales del proyecto de construcción deberían estar completos, precisos, sin conflictos y ambigüedades, pero desafortunadamente esto es raramente encontrado y muy a menudo la contratista empieza la construcción con documentos incompatibles, erróneos e incompletos, requiriendo, por consiguiente, clarificaciones que tienen que ser respondidas por los proyectistas y diseñadores en pleno proceso de construcción.

“ El modelo BIM podría decirse que es la evolución del diseño asistido por computadora CAD que sólo usa líneas, arcos y símbolos bidimensionales 2D para representar objetos geométricos. En cambio un software BIM utiliza objetos 3D inteligentes con información paramétrica.”

El BIM como tecnología es muy nueva en el Perú, tan sólo pocas empresas vienen incorporándolo dentro de sus procesos de diseño y/o construcción. A falta de estadísticas para contar con casos prácticos de aplicación e implementación de estas tecnologías, uno de los objetivos de esta investigación fue la de estudiar su uso y aplicabilidad adaptadas a las condiciones de gestión de los proyectos a nivel local.

Para ello se exploraron algunas aplicaciones del BIM durante la etapa de construcción del Edificio Educativo Universidad del Pacífico, considerado como el primer proyecto demostrativo en GyM S.A. en el uso de modelos BIM.

## **Conclusiones**

- El realizar un modelado BIM-3D de la edificación permite equivocarnos virtualmente en el modelo 3D y no en campo, ahorrando costos por procesos mal diseñados. El modelo no sólo se utiliza para identificar conflictos entre disciplinas, sino que se convierte en una herramienta de análisis para revisar los criterios de diseño y la adecuada funcionalidad del conjunto entre las distintas instalaciones dependientes. Además permiten evaluar aspectos constructivos que faciliten un mejor planeamiento y control de las actividades de construcción a través de la gestión de subcontratistas.

- El siguiente paso para una construcción sin pérdidas es la industrialización de procesos, con mayor tendencia a las instalaciones prefabricadas a las cuales no podremos llegar si antes no se ha coordinado la ingeniería. Los planos de fabricación o de taller deben salir de un modelo previamente coordinado, un modelo de instalaciones que genere confianza de que no va a sufrir cambios o modificaciones en campo.

- BIM provee un modelo exacto del diseño requerido para cada sector del proyecto. Esto puede proveer las bases para mejorar el planeamiento y programación de subcontratistas y ayudar a para asegurar la llegada justo a tiempo (just-in-time) de personas, equipamiento, y materiales.

### **2.1.1.2 Mejoras en la implementación de BIM en los procesos de diseño y construcción de la empresa Marcan.**

#### ***Autores***

José Roberto Salinas y Karem Asthrid Ulloa Román.

#### ***Lugar y año***

Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), Lima, 2013.

#### ***Resumen***

Debido al importante crecimiento de la demanda de viviendas, las empresas inmobiliarias y constructoras se han visto en la necesidad de acelerar sus procesos de diseño, presentándose deficiencias como falta de detalles, incompatibilidades y cruces entre especialidades e inconsistencias que generan problemas que repercuten en el proceso de construcción.

BIM se presenta como una propuesta importante en la gestión de diseño y construcción a través de la representación digital de un producto (modelo) que es



desarrollado colaborativamente. Es decir, es un enfoque totalmente nuevo para la práctica y la promoción de las profesiones que requiere la implementación de nuevas políticas, contratos y relaciones entre los involucrados del proyecto (Kymmell, 2008). Implementar BIM y obtener sus beneficios implica un cambio en el enfoque de la gestión de los proyectos, Succar (2009) propone un marco que permite que los involucrados que forman parte de la industria de arquitectura, ingeniería, construcción y operaciones (AECO, por sus siglas en inglés) entiendan los campos de acción de BIM, sus etapas de implementación y los objetivos que se deben alcanzar con su implementación.

Con el objeto de demostrar que BIM es aplicable y beneficioso, se presenta las métricas de mejoras de la implementación de una empresa inmobiliaria y constructora en la que se tuvo en cuenta a los involucrados desde etapas tempranas en torno al modelo BIM desarrollado colaborativamente por la misma organización.

### **Conclusiones**

- La implementación de BIM en la empresa de estudio es una novedosa propuesta de gestión del diseño y construcción que nos permitió tomar decisiones en etapas tempranas, eliminar desperdicios y obtener mejoras en la productividad como las que se han obtenido en otros países.

- Para lograr implementar BIM, se requiere que en las organizaciones se den tres condiciones básicas. La primera es que se establezcan políticas que permitan introducir esta nueva tecnología y que va de la mano con capacitaciones de un equipo de trabajo, liderado por personas comprometidas. Asimismo, se requiere de la adecuación de los procesos en los que va a intervenir y, por último, contar con las herramientas adecuadas (software, hardware y equipos de visualización).

- Para obtener mejores resultados en el modelo se debe de involucrar desde etapas tempranas a los propietarios, proyectistas, proveedores estratégicos, contratistas y constructor.

- Una primera etapa de la implementación de BIM comprende el paso de los planos en 2D al modelado, que es un proceso gradual que viene a ser la etapa pre-BIM, donde la información es obtenida de los proyectistas en planos en 2D que deben ser procesados “necesariamente” por la organización



(ya que nuestro mercado no está preparado para ello) y de donde se obtiene información desarticulada que va a servir para objetivos puntuales (definidos por la organización), como es la visualización, identificación de incompatibilidades e interferencias, obtención de metrados, etc.

- De la experiencia obtenida, se puede establecer que se requiere de 0.058 hh/m<sup>2</sup> de área techada para el modelado de las especialidades de estructuras y arquitectura.

- Previo al inicio del modelado, el equipo de modeladores debe elaborar una plantilla central de inicio con información básica y de uso frecuente para evitar que se realicen re trabajos durante el proceso del modelado.

- La implementación de BIM en las organizaciones debe ser gradual en la que la parte interesada (los constructores) toman la iniciativa y sensibilizan a los demás involucrados (proyectistas, proveedores, sub contratista).

## **2.1.2 Antecedentes a nivel internacional**

### **2.1.2.1 Implementación y metodología para la elaboración de modelos BIM para su aplicación en proyectos industriales multidisciplinarios.**

#### ***Autor***

Gonzalo Daniel Aliaga Melo.

#### ***Lugar y año***

Universidad de Chile (UCHILE), Santiago de Chile, 2012.

#### ***Resumen***

En este trabajo de título se proyecta una metodología adecuada para implementar BIM en una empresa de ingeniería de proyectos industriales que comprenda la integración de múltiples disciplinas, con el fin de crear el proyecto en base a un modelo virtual que lo represente y por lo tanto logrando mejorar la coordinación y comunicación de las distintas especialidades que participan, generando de esta manera un flujo de trabajo colaborativo del diseño del proyecto.

Para lograrlo se realizó un estudio de documentación existente de diferentes entidades especializadas en esta tecnología, y en forma paralela se documentó el trabajo de una empresa especializada en el rubro especificado. Además, se evidenció el modo de implementación que ha habido en distintos casos nacionales y en diferentes rubros, con tal de identificar tanto buenas prácticas como similitud de errores entre ellos.

Con esta información, se realizó una modificación el proceso actual acorde a la implementación y forma de trabajo en base a plataformas BIM.

Obteniéndose una metodología de trabajo para elaborar modelos en proyectos industriales, enfocado al trabajo conjunto y coordinación durante la etapa de diseño.

### **Conclusiones**

- La integración de la información de las distintas disciplinas del proyecto produce beneficios y mejoras en la fase de diseño directamente, que por supuesto lleva a obtener una mejor visión en la pre construcción del proyecto.

- Implementar una metodología, independiente de las propiedades o características del proyecto, requiere un proceso de adaptación que tendrá un rango de duración variable, los beneficios de un cambio en el diseño de ingeniería basado en modelos BIM son principalmente a largo plazo, por lo que una visión cortoplacista y búsqueda de beneficios inmediatos no es útil dentro de las condiciones de trabajo que se desean mantener.

- La capacidad de lograr estandarizar una metodología completa de trabajo no se puede asegurar, pues a pesar de que existen cierto tipo de proyectos similares, la forma en cómo se desarrolla cada uno de ellos va a producir modificaciones en el proceso de diseño.

- La implementación de una metodología debe hacerse en forma parcializada, acorde a la capacitación obtenida y el cambio organizacional dentro de la empresa, ya que existe un periodo de adaptación necesario para ello, y por lo tanto debe respetarse para tener éxito en este proceso. Al contar con una buena metodología, es posible integrarla en cualquier momento del proyecto y por lo tanto lograr crear un modelo BIM en forma ordenada y con información confiable.

- Analizando un poco más el aspecto de los entregables de los proyectos, es posible darse cuenta que un hecho relevante que frena definitivamente que se pueda integrar BIM a nivel nacional tiene estrecha relación con los formatos de entrega de los proyectos. Si se continúa trabajando como formato de entrega el actual DWG, se tiene un retroceso en las capacidades de las herramientas BIM pues se necesita un esfuerzo extra en devolverse a utilizar esta extensión.

### **2.1.2.2 Building Information Modelling: Conceptual constructs and performance improvement tools. [Modelo de la información de la construcción: Construcciones conceptuales y herramientas para la mejora del rendimiento]**

#### ***Autor***

Bilal Succar.

#### ***Lugar y año***

Universidad de Newcastle Australia (UON), Callaghan, 2013.

#### ***Resumen***

Modelado de la información de construcción (BIM) es un conjunto de tecnologías, procesos y políticas permitiendo múltiples partes interesadas en colaboración para diseñar, construir y operar una instalación. Hay numerosos retos atribuidos a la adopción de BIM por la industria y el mundo académico.

Este estudio contribuye a la discusión un conjunto de construcciones conceptuales que aclarar las estructuras de conocimiento que se basa el BIM dominio. Asimismo, introduce una serie de herramientas de conocimiento posibles para facilitar el BIM el aprendizaje, la evaluación y la mejora del rendimiento.

Este estudio se entrega a través de documentos y anexos complementarios para responder a dos preguntas de investigación primaria. La primera explora las estructuras de conocimiento que se basa la BIM dominio mientras que la segunda muestra que estas estructuras de conocimiento pueden ser usado para facilitar la medición y la mejora del rendimiento a través de la BIM industria de construcción.

Para hacer frente a la primera pregunta, el estudio identifica las agrupaciones conceptuales que subyacen a la BIM dominio, desarrolle taxonomías descriptivas de estas agrupaciones, expone algunas de sus relaciones conceptuales y aplica un marco BIM representativa.

Para hacer frente a la segunda pregunta, estructuras de entramado BIM se extienden a través conceptos y herramientas para facilitar la evaluación del rendimiento BIM adicionales y el desarrollo de los individuos, organizaciones y equipos. Al abordar estas cuestiones de investigación, un enfoque pragmático de diseño de la investigación basada en la literatura disponible y las teorías aplicables ha sido adoptado. Mediante la combinación de varios estrategias de investigación, paradigmas y métodos, este estudio:

a. Genera varios de los nuevos estructuras conceptuales (por ejemplo, marcos, modelos y taxonomías)

b. Desarrolla un conjunto de flujos de trabajo y herramientas que facilitan la evaluación de BIM, el aprendizaje y mejora del rendimiento, este estudio proporciona un conjunto de documentos complementarios y apéndices.

### **Conclusiones**

- Este estudio es una expresión de dos preguntas complementarias de investigación: ¿cuáles son las estructuras de conocimiento que se basa el dominio BIM?; y, ¿cómo pueden estos conocimientos estructuras pueden aprovechar para ayudar a los participantes de la industria a adoptar BIM o mejorar su rendimiento BIM? La primera pregunta que explora las estructuras de conocimiento que se basa la BIM dominio mientras que la segunda sondas cómo estas estructuras conocimiento puede ser usado para mejorar el rendimiento de los participantes de la industria BIM.

- Estas dos preguntas de investigación se han abordado mediante el desarrollo de nuevos construcciones conceptuales (por ejemplo, clasificaciones, taxonomías, modelos) que ilustran colectivamente las estructuras de conocimiento que subyace a la BIM dominio; y por medio de la introducción de un conjunto de herramientas y flujos de trabajo que facilite BIM evaluación, el aprendizaje y la mejora del rendimiento.

- Las siguientes secciones discuten brevemente las actuales limitaciones del estudio, ampliaciones futuras, y proporciona un breve resumen de sus resultados finales.

## **2.2. Aspectos teóricos pertinentes**

### **2.2.1 Producción de planos y metrados.**

**Rendimiento:** Según Cruelles Ruiz (2013) lo define como la cantidad de trabajo (en horas hombre) usadas para realizar una producción.

**Metrado.-** Según el Reglamento de la Ley de Contrataciones del Estado, es el cálculo o la cuantificación por partidas de la cantidad de obra a ejecutar.

**Planos del Proyecto.-** Según la Norma técnica de metrados para obras de edificaciones y habilitaciones urbanas, es la representación gráfica y conceptual de una obra, constituida por plantas, perfiles, secciones transversales y dibujos complementarios de ejecución.



## 2.2.2 Metodología de trabajo BIM

### 2.2.2.1 Concepto BIM

El glosario del “BIM Handbook” Eastman (2011) define al BIM como herramientas, procesos y tecnologías que están facilitadas por una documentación digital e inteligible por la máquina acerca de la edificación, su desempeño, su planeamiento, su construcción y su posterior operación. El resultado de una actividad BIM es un modelo de información de la edificación.

La definición que mejor define a la metodología de trabajo BIM es la propuesta por Aliaga Melo (2012) que expresa que es una metodología de trabajo integrado a un modelo virtual de elementos con información paramétrica, que se controlan en los procesos de diseño, construcción y operación de un proyecto durante sus distintas etapas de desarrollo. Que se administra una base de datos centralizada, un modelamiento de la obra con información que facilita y optimiza la manera de crear el proyecto.

Se basa en crear maquetas tridimensionales con información paramétrica de sus elementos, con propiedades de materialidad, geometría, cantidades, propiedades particulares, costos o algún otro tipo de características para incluir. Está regido por datos estandarizados, permitiendo la interoperabilidad del modelo con los distintos participantes de un proyecto.

Debido a que posee una gran facilidad de modelamiento paramétrico, es posible tener una representación virtual con datos necesarios para automatizar la gestión, por lo que cuenta con la ventaja de poder realizar planificación de obras y su visualización de construcción en tiempo real, logrando dar una visión más cercana de lo que se obtendrá como producto una vez finalizado, transformándose en una preconstrucción del proyecto en su totalidad.

El proceso de modelado en BIM tiene como objetivo reunir toda la información de un proyecto en una sola base de datos de información completamente integrada e interoperable para que pueda ser utilizada por todos los miembros del equipo de diseño y construcción y al final por los propietarios para su operación y mantenimiento a lo largo del ciclo de vida de la edificación. (Alcántara Rojas, 2013)

La forma más sencilla de entender que pretende hacer la metodología de trabajo BIM es que un proyecto se debe construir dos veces, una modelada de



forma digital y otra construirla de forma real. (Mordue, Swaddle, & Philp, 2016).

### 2.2.2.2 Aplicaciones del BIM

Hubo un reciente auge en el uso de la metodología de trabajo BIM en los últimos años, revisando literatura, foros educativos y *redes sociales* podemos analizar los beneficios y aplicaciones reales que tiene en la industria de la construcción. Estas aplicaciones pueden ser analizadas desde diferentes perspectivas. Skanska, una corporación multinacional de la industria de la construcción e industria petrolera establecida en Suecia lleva ya años utilizando, investigando y perfeccionando la metodología BIM, en esas investigaciones pudieron determinar 16 aplicaciones que pueden ser usadas.

Esta clasificación se basa en casos reales de implementación que se dieron en la compañía.



Figura 3: Aplicación en el diseño BIM.

Fuente: Adaptado y traducido de Skanska co.

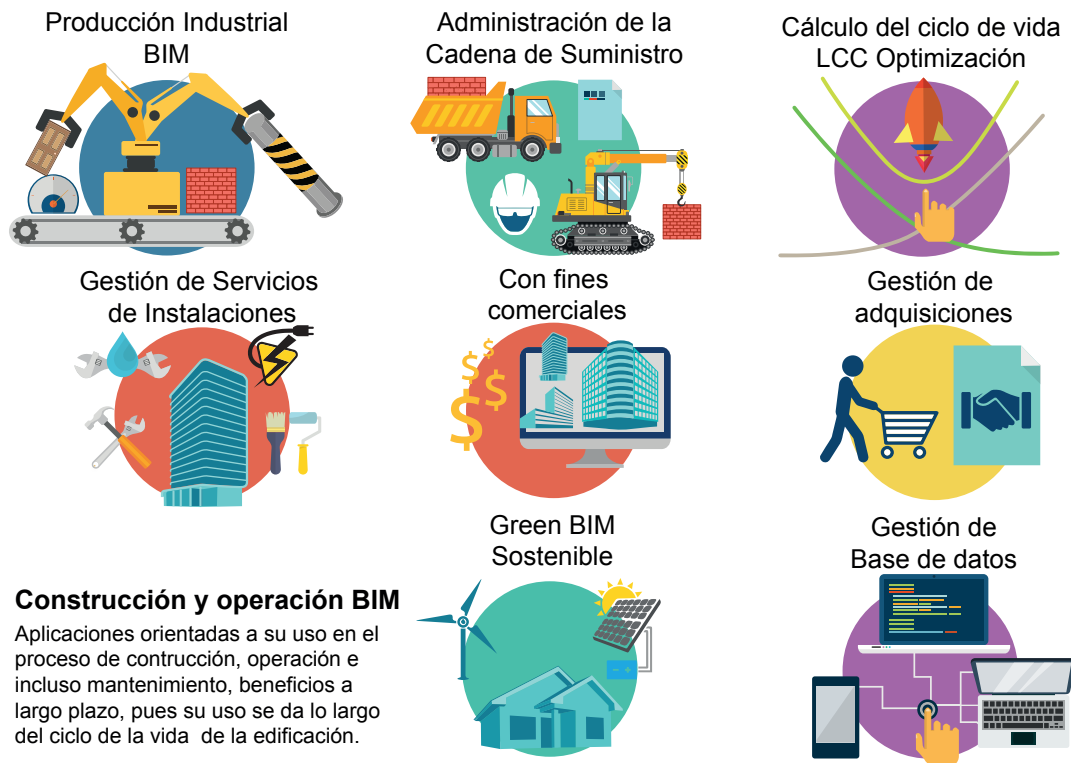


Figura 4: Aplicación en la construcción y operación BIM.

Fuente: Adaptado y traducido de Skanska co.

### 2.2.3 Campos del BIM

Succar (2013) propone un marco que permite que los involucrados que forman parte de la industria de arquitectura, ingeniería, construcción y operaciones (AECO, por sus siglas en inglés) entiendan los campos de acción de BIM, sus etapas de implementación y los objetivos que se deberían alcanzar con su implementación.

BIM está integrado por tres campos que son tecnología, procesos y políticas. Cada uno de éstos tiene sus integrantes, requerimientos y entregables.

#### 2.2.3.1 Tecnología

Son las organizaciones que generan software y los equipos de aplicación para el diseño, construcción y operación de instalaciones.

#### 2.2.3.2 Procesos

Involucra a un grupo de personas (propietarios, arquitectos, ingenieros, contratistas, etc.) que se encargan de la procura, diseño, construcción, manufactura, uso, gerenciamiento y mantenimiento de infraestructuras.

### 2.2.3.3 Políticas

Grupo de personas que cumplen roles contractuales, regulatorios y preparatorios en los procesos de diseño, construcción y operaciones. Quienes trabajan en compañías de seguros, centros de investigación, instituciones educativas y organismos reguladores.

Estos campos interactúan mediante transferencia de información y relaciones contractuales; asimismo, se traslapan debido a que comparten involucrados y entregables.

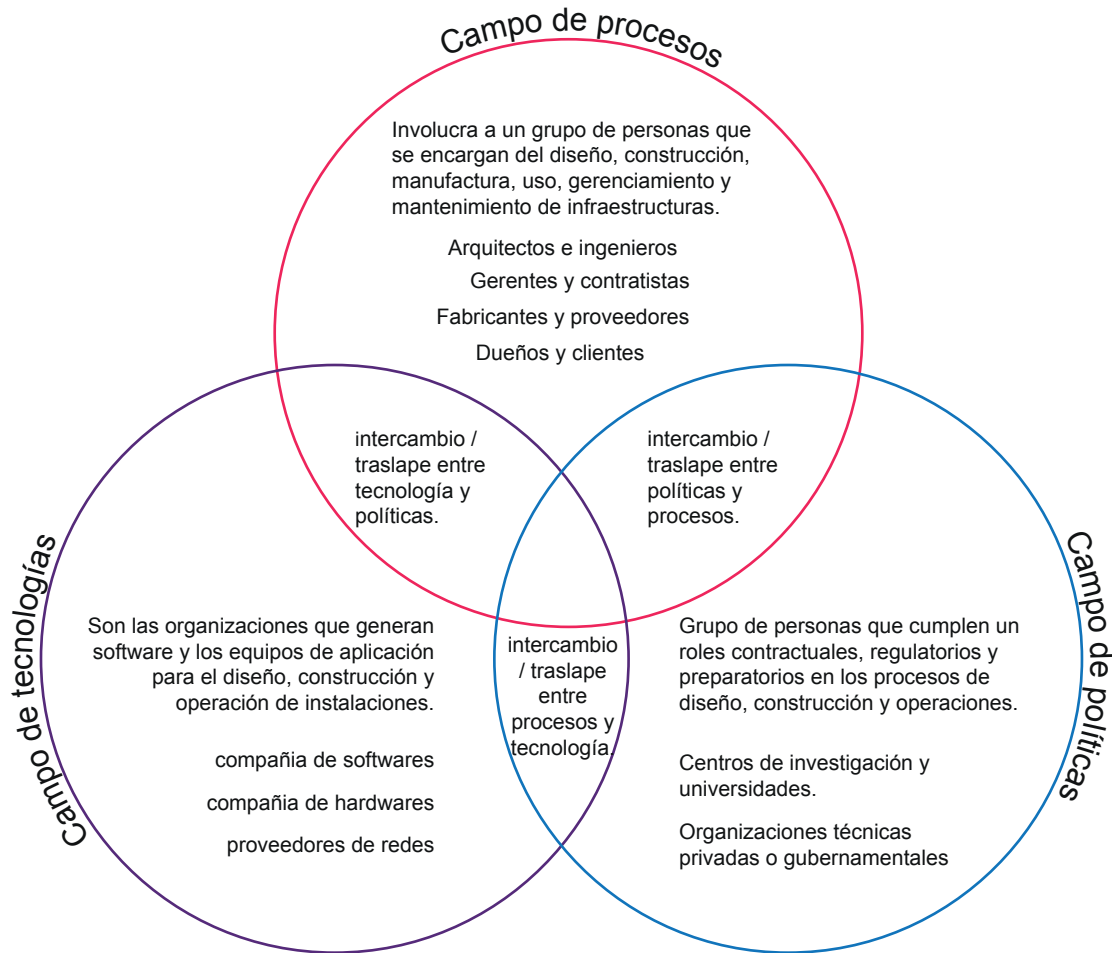


Figura 5: Los tres campos entrelazados de la actividad BIM

[The proposed BIM research framework includes three interlocking knowledge nodes]

Fuente: (Succar, 2013) (Roberto Salinas & Ulloa Román, 2014) , trad.

Estos campos interactúan mediante transferencia de información y relaciones contractuales; asimismo, se traslapan debido a que comparten involucrados y entregables.

Tabla 3: Campos en la actividad BIM

		<i>Campo de Política</i>	<i>Campo de Proceso</i>	<i>Campo de Tecnología</i>
<i>Definición</i>		Políticas son “principio o reglas escritas para guiar la toma de decisiones”	Proceso es “un específico ordenamiento de las actividades de trabajo a través del tiempo y lugar, con un principio, un fin y claramente identificados las entradas y salidas: una estructura para la acción)	Tecnología es “la aplicación de conocimiento científico para propósitos prácticos
<i>Definición Extendida de Campo</i>		El campo de interacción que genera investigación, talentos, estándares y mejores prácticas con el fin de salvaguardar beneficios y minimizar contiendas entre los involucrados del AECO.	El campo de interacción entre diseño, construcción y requerimientos para operaciones con el fin de generar y mantener estructuras e instalaciones	El campo de interacción entre software, hardware, equipos y sistemas de redes con el fin de facilitar o dar apoyo al diseño, construcción y operaciones de estructuras e instalaciones
<i>Involucrados</i>		Gobiernos, investigadores, instituciones educativas, compañía de seguros, organismos reguladores	Dueños, operadores, arquitectos, ingenieros, tasadores, topógrafos, contratistas, sub contratistas, proveedores, fabricantes, gerentes de instalaciones, etc.	Compañías de software, hardware, redes y equipos además sus canales de desarrollo y ventas
<i>Entregables</i>		Regulaciones, directrices, estándares, mejores prácticas, referencias, acuerdos contractuales, programas educativos	Productos y servicios de construcción, incluyendo dibujos, documentos, modelos/componentes virtuales, componentes físicos, estructuras e instalaciones	Software, hardware, soluciones para redes, equipamiento para oficinas y sitios
<i>Interacciones entre campos</i>	<i>Transferencias hacia otros campos (push)</i>	Graduados expertos, estándares, orientaciones en procesos. Conceptos, soluciones matemáticas en tecnología	Casos de estudio que sirven para Políticas.  Retroalimentación al campo de Tecnologías.	Soluciones innovadoras, nuevos equipos para Políticas y Procesos
	<i>Transferencias desde otros campos (pull)</i>	Expertos en la materia del Proceso Interoperabilidad de Tecnología Intercambios entre investigación, educación y acreditación	Desarrollo de soluciones de Tecnología Estándares, guías y graduados de Política Instrucciones de arquitectos y solicitudes de información	Esfuerzos de estandarización de Política Requerimientos y experiencias de Proceso Capacidades de hardware y requerimientos de software

Fuente: (Succar, 2013) (Roberto Salinas & Ulloa Román, 2014), trad.

### 2.2.4 Etapas de Maduración BIM

Succar (2013) propone etapas por los que deben pasar los involucrados en AECO para la implementación BIM que definen el nivel de madurez en su aplicación. Las etapas se pueden dividir en pre-BIM; tres etapas de madurez BIM; y la etapa de entrega de proyecto integrado (IPD, por sus siglas en inglés). Como es citado en (Roberto Salinas & Ulloa Román, 2014)

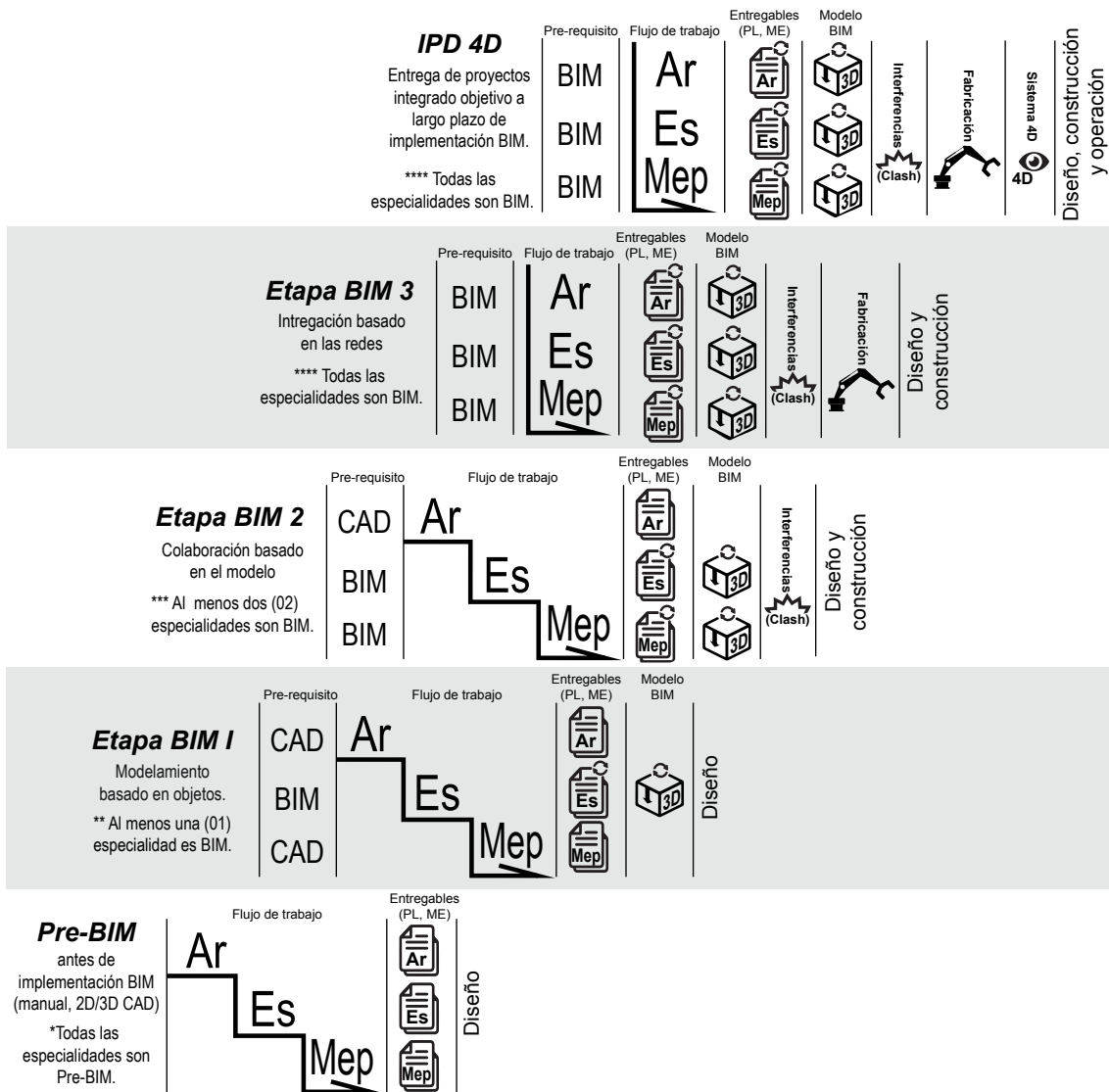


Figura 6: Madurez BIM dividida en tres etapas [Step Sets leading to or separating BIM Stages]  
Fuente: Elaboración propia, adaptado de Succar, 2013 trad.

### 2.2.4.1 Pre-BIM

La industria de la construcción se caracteriza por relaciones antagónicas y existe mucha dependencia en la documentación 2D para describir la realidad 3D. Las visualizaciones 3D que son generadas son a menudo incoherentes y se apoyan en documentación 2D.

Las cantidades, estimaciones de costos y especificaciones no son derivadas del modelo ni están vinculadas a la documentación. Asimismo, las prácticas de colaboración entre los involucrados no son prioritarias, el flujo de trabajo es lineal y asincrónico.

#### **2.2.4.2 Etapa BIM 1 (Modelamiento basado en el objeto)**

La implementación BIM inicia a través del uso de un software paramétrico 3D basado en el objeto como ArchiCAD, Revit, Tekla, etc. En esta etapa, los usuarios generan modelos independientes dentro de cualquier fase del proyecto (diseño, construcción u operación). Los entregables del modelamiento son modelos para arquitectura o construcción, usados principalmente para automatizar la generación y coordinación de la documentación 2D y visualización 3D.

Las prácticas de colaboración son similares a la etapa Pre-BIM: los intercambios de data entre los involucrados del proyecto son unidireccionales y las comunicaciones son asincrónicas y desarticuladas.

#### **2.2.4.3 Etapa BIM 2 (Colaboración basada en el modelo)**

En esta etapa los involucrados, han alcanzado experiencia en el manejo del modelo, activamente colaboran entre sí. Esto incluye el intercambio de modelos o partes de éste mediante diferentes formatos.

Esta etapa puede ocurrir dentro de una fase o entre fases de un proyecto, por ejemplo: intercambio de modelos de arquitectura y estructuras en el diseño, intercambios de modelos entre el diseño y la construcción o entre el diseño y la operación.

Aunque la comunicación entre los involucrados sigue siendo asincrónica, las barreras comienzan a desaparecer. Los modelos tienen cada vez más detalle y reemplazan a los modelos usados en las otras etapas.

#### **2.2.4.4 Etapa BIM 3 (Integración basada en redes)**

En esta etapa, modelos integrados son creados, compartidos y mantenidos colaborativamente a lo largo de todas las fases del proyecto. Los modelos BIM en esta etapa son interdisciplinarios pues permiten análisis complejos en etapas tempranas de diseño y construcción.

El intercambio de información obliga a que las fases del proyecto se traslapen. Los entregables van más allá de sólo objetos con propiedades puesto que también se incluyen los principios lean, políticas ecológicas y el costo completo del ciclo de vida.

Para la implementación de esta etapa, es necesario un replanteamiento de las relaciones contractuales, modelos de asignación de riesgos y flujos de procedimientos.

Los pre requisitos para todos estos cambios, es la madurez de las tecnologías de software y redes para que se consiga un modelo compartido e interdisciplinario que provea un acceso en dos sentidos a todos los integrantes.

#### **2.2.4.5 Entrega de proyectos integrada (IPD) 4D**

De acuerdo con Succar (2013), el IPD representa la visión a largo plazo a la que debe apuntar BIM mediante la fusión de las tecnologías, procesos y políticas. El IPD es un enfoque que integra personas, sistemas, estructuras de negocios y prácticas en un proceso que colaborativamente aprovecha los talentos e ideas de todos los participantes para optimizar los resultados del proyecto, incrementar valor para el dueño, reducir desperdicio y maximizar la eficiencia a través de todas las fases de diseño, fabricación y construcción.

BIM 4D provee un modelo exacto del diseño requerido para cada sector del proyecto.

Esto provee las bases para mejorar el planeamiento y programación de subcontratistas y ayudar a para asegurar la llegada a tiempo (just-in-time) de personas, equipamientos y materiales.

#### **2.2.5 Requerimientos de la metodología de trabajo BIM**

Mordue et al., (2016) propone una lista de requerimientos que se necesitan para una implementación:

##### **2.2.5.1 Digitalización/modelado**

Si miramos hacia el futuro no podemos negar la llegada de la era digital en la industria de la construcción, la tecnología envuelve a la mayoría de industrias, mientras que en la construcción aún se realiza la gestión y diseño de forma tradicional, de manera desintegrada y unidireccional basada aún en papeles.

##### **2.2.5.2 Los fundamentos adecuados: niveles de maduración**

“La preparación es la clave para el éxito”.

Pues esa preparación debe darse previa a la implementación de la metodología, debemos analizar que es lo que pretendemos mejorar con nuestra implementación, cuales son nuestros topes de recursos a invertir y entender que todo proceso de innovación e implementación debe darse de forma gradual.

Se debe tener dos conceptos principales, uno las etapas de maduración BIM y dos, el nivel de detalle del modelo paramétrico.

Cada etapa de maduración tiene un objetivo y requiere de una mejorar tanto



en procesos, protocolos e inversión en tecnología. Se debe de irse escalando estableciendo que cada etapa de maduración es un punto de control para medir las mejoras.

El nivel de detalle, expresa que los modelos paramétricos deben adquirir más detalle dependiendo de la etapa de maduración, por ejemplo en las primeras etapas de maduración BIM, sólo se requiere información de la geometría, mientras que etapas posteriores requieren información adicional como detalles de fabricación, codificaciones especiales y otras informaciones paramétricas que se requerirán cuando haya un trabajo colaborativo e interdisciplinario.

Cuando se realice la implementación se debe elegir con que etapa de maduración y nivel de detalle correspondiente comenzar basado en los objetivos y la situación actual.

#### **2.2.5.3 Procesos**

Cuando hablamos de procesos principalmente nos enfocamos en los flujos de trabajo, el objetivo de analizar los flujos de trabajo para que sean eficientes y colaborativos. Dentro de flujo de trabajo se deben consideran aspectos, como la cultura organizacional en el lugar de la implementación, como se dan los procesos de colaboración entre los involucrados, cómo es el intercambio de información, además de que roles y responsabilidades cumplen los profesionales involucrados.

Y finalmente si es que existen herramientas tecnológicas que ayudan o colaboran a mejorar este intercambio de información.

#### **2.2.5.4 Tecnología**

La tecnología a utilizar debe brindarnos flexibilidad en su uso de acuerdo con la etapa de maduración BIM que implementemos, la cual pueda utilizarse en cualquier etapa de maduración sin necesidad de tener que migrar a otra plataforma cuando hayamos escalado a una siguiente etapa.

La tecnología debe ser la adecuada para mejorar la gestión de la información en nuestros procesos.

Debe ofrecernos un intercambio de archivos con otras plataformas y además un control de seguridad en el acceso y modificación de la información basada en protocolos y procesos previamente establecidos.

El software a utilizar nos debe ofrecer la capacidad de poder configurar las



mayores opciones disponibles tanto para visualización, prestación u obtención de datos.

#### **2.2.5.5 Estandarización**

Con la estandarización se pretende lograr una interoperabilidad, asegurar un intercambio de información adecuado entre los profesionales involucrados.

Se pretende estandarizar los formatos de visualización o presentación de planos también estandarizar los procesos. Estableciendo recomendaciones, protocolos, directrices y especificaciones para las propiedades de los objetos que utilice en sus modelos en forma de intercambios de información. La estandarización es necesaria si es que se quiere que la implementación sea replicable en otros lugares con experiencias positivas.

#### **2.2.5.6 Incentivos de la implementación**

Los incentivos son los que motivan que la implementación siga escalando en la siguiente etapa de maduración BIM, tenemos que ver a la implementación desde una perspectiva de económica y de negocios.

Cada etapa de maduración BIM nos debe ofrecer ventajas económicas, primeramente nos puede ayudar en la reducción de costos, pues mejora en la producción de planos y metrados, haciéndolas más cortas en termino de tiempo.

En siguientes etapas de maduración en las cuales se realizan coordinaciones de especialidad se pueden detectar errores de coordinación (incompatibilidades / clash) que tendrán consecuencias en etapas de construcción pues no generaran gastos por cambios inesperados.

En etapas más avanzadas debido a que se tiene información de diseño se pueden fabricar directamente algún componente estructural u otro componente que se requiera, generando un vínculo entre diseñadores y la manufactura, se puede eliminar intermediarios innecesarios.

Además de otros objetivos como eliminación de desperdicios, optimización de procesos, análisis de datos y gestión de la información recaudada en la implementación.

## 2.2.6 Implementaciones BIM a nivel global y local.

### 2.2.6.1 BIM en el mundo

Foros especializados en el tema BIM como Bimcommunity.com expresan que las implementaciones BIM en el mundo han evolucionado exponencialmente, quienes principalmente la encabezan los países más desarrollados que pretenden implementaciones del BIM en proyectos públicos como una medida de economizar recursos y mejorar la gestión de la información, teniendo participación también en el sector privado con implementaciones aisladas pero ya haciendo de guía donde recomienda las implementaciones BIM. Estados Unidos, Canadá, Reino Unido, Alemania y Francia realizaron implementaciones BIM usándola en sectores de la industria de arquitectura, ingeniería, construcción y operaciones.

Los resultados del Cambashi Insights, demuestra también que los países que más han invertido en el 2016 son Australia, Países Bajos y Suiza, por delante Reino Unido y Alemania.

#### BIM en el mundo

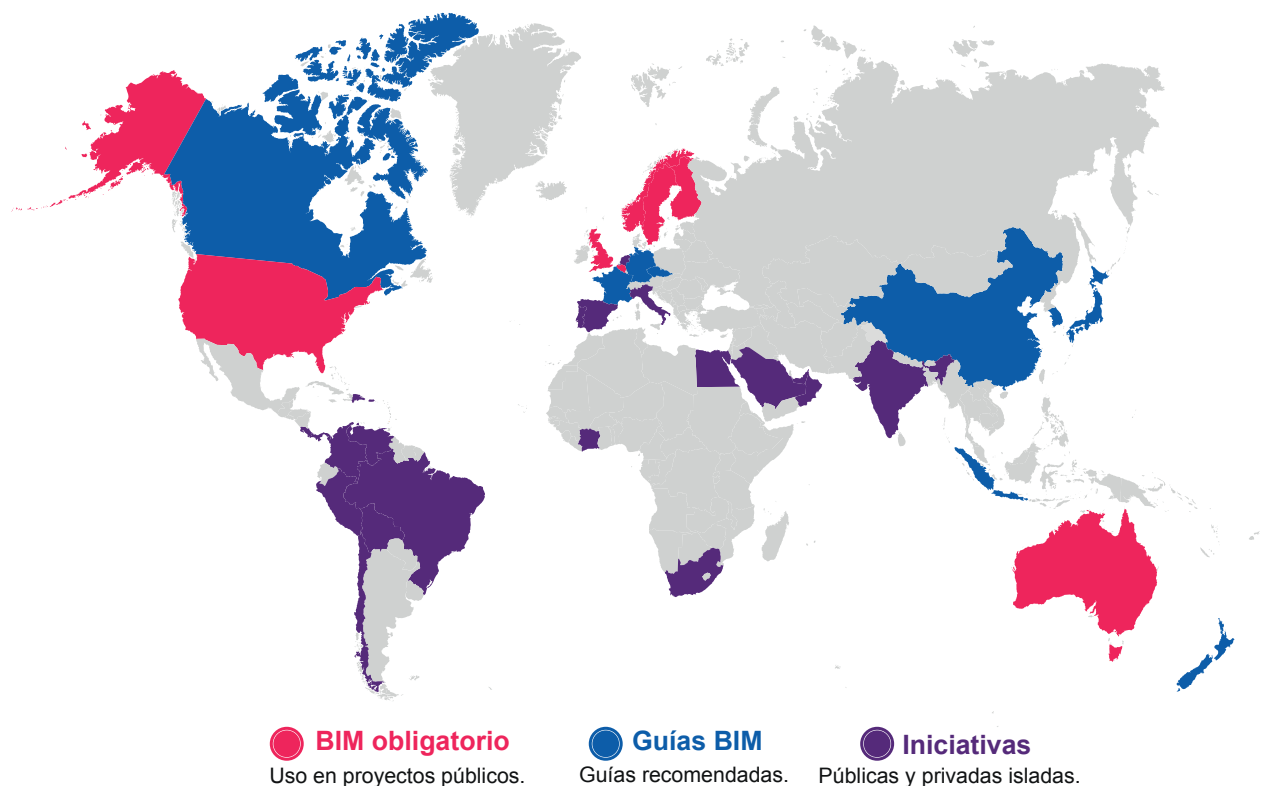


Figura 7: Implementaciones del BIM en el mundo.

Fuente: Elaboración propia adaptado con información de buildingSMART



Se informa que existe una gran iniciativa de implementaciones BIM en el continente europeo, quienes lo encabezan son los países más desarrollados. Existe una buena cantidad de países europeos quienes promueven el uso del BIM, con el objetivo de liderarlas se creó una comisión llamada European Commission, compartir experiencias y hasta emitir guía para su implementación. Esta comisión ha sido premiada por su labor, donde se le ha otorgado un reconocimiento por la EU. Task Group, la cual fue fundada con la meta de crear un grupo europeo con miras de estandarizar el uso del BIM pero aplicarlos en el sector público.

En Reino Unido: el principal precursor de uso del BIM en Europa, años atrás se mostraba que la mayoría de involucrados en la industria de la construcción trabajaba haciendo uso de CAD o 3D, donde se realizaba de manera aislada, sin ningún tipo de guía o normativa. Desde el 2016 en Reino Unido el gobierno de forma obligatoria exige que la implementación BIM en proyectos públicos. Se tiene información que en el 2017 el gobierno escocés tendrá también políticas para el uso del BIM en proyectos públicos de más de 4 millones.

Implementaciones BIM mostraron los resultados en la reducción de costos, los tiempos de entrega y beneficios ambientales (Green BIM). El BIM se aplicó en diversos proyectos públicos, un caso famoso es el proyecto de la Celda 180 de la prisión Cookham Wood, donde se mostró un gran ahorro al aplicar el BIM en todo el proceso tanto de diseño como construcción.

En Escocia, en el 2015 se realizó un plan para implementar el BIM en el sector público, se tiene una mira hacia el 2017 donde se pretende que las implementaciones sean obligatorias para proyectos mayores a 4 millones de libras. La organización Scottish Futures Trust ha presentado guías de implementación, incluso guías de estandarización, también existe el BIM Compass, que brinda asesoría de los beneficios BIM, investiga y dota información verificable para comparar la evolución en un plano más global.

En Francia también ya existen planes de transición para adaptar implementaciones BIM como el caso de Plan Transition Numérique dans le Bâtiment, y una meta para 2017 del gobierno francés es también aplicar el BIM en proyectos de infraestructura para viviendas.

En Alemania debido a que hubo una mejoría de calidad en la elaboración de proyecto se desarrolló el Planen Bauen 4.0, el cual es una guía de implementación



BIM encabezada por una compañía no gubernamental, este plan se proyecta al año 2020.

En los Países Bajos (Holanda) se tiene ya hace varios años el BIC (Building Information Council) el cual es un comité técnico, parte del plan BIM del Rijkswaterstaat donde aplican el BIM en proyectos de carreteras y canales, muestran beneficios en calidad, también permiten que los proyectos tengan continuidad en su operación y mantenimiento.

Se tiene un programa general de reconstrucción de carreteras del país, el SAA (Schiphol-Amsterdam-Almere) el cual se ha trabajado totalmente utilizando el BIM. El Royal Institute of Dutch Architects realizó una investigación donde afirma que más del 76% utiliza el BIM debido a sus buenos beneficios.

En República Checa se muestran que existe un uso emergente del BIM. Aunque todavía existe una preferencia por el uso de modelo 2D. En el 2016 NBS realizó una encuesta donde informó que 157 encuestados conocen el BIM pero sólo 13% utiliza.

En Suiza, la Sociedad Suiza de Ingenieros y Arquitectos dotó de la guía Open BIM basada en estándares y regulaciones .

La Universidad Tecnológica de Génova realizó una encuesta donde muestra que 91% de los encuestados desean utilizar el BIM en un período de tres meses. Un ejemplo es el grupo hospitalario Spitalverband Limmattal que contrató a la compañía constructora Bouygues Construction Swiss para realizar el proyecto de un hospital de unos 175 millones de euros utilizando la metodología BIM, tanto para la etapa de diseño, construcción, operación y mantenimiento.

En España ya existen políticas obligatorias para proyectos públicos, el comité Implantación de la Metodología BIM ha sido creado con el objetivo de establecer los parámetros del BIM en el sector de la construcción nacional, además de realizar estudios diversos para conocer los niveles de implementaciones del BIM que se tienen en el sector de la construcción del país.

En Portugal todavía no existe normativa en el sector público pero si existen implementaciones tecnológicas en la digitalización de proyectos de infraestructura, donde se tiene pretende aplicar un sistema para la gestión de esta información, donde el BIM es una respuesta clara a la necesidad. Cabe indicar que también existen el BIM Forum Portugal y otras incitativas privadas



donde se pretende la promoción del BIM en dicho país, con el principal objetivo de acelerar la adopción del BIM en la industria de la construcción portuguesa.

Por su parte, Italia con miras a finalizar el 2017 tiene previsto implementar el BIM para aplicarlos en proyectos públicos, mayores a 5 millones de euros. El uso de BIM en proyecto ya tiene ejemplo en el país incluyen la Ópera de Milán y la expansión del aeropuerto de Roma Fiumicino.

Países escandinavos como Finlandia, Dinamarca y Noruega ya tienen políticas públicas obligatorias con objetivos principalmente de mejorar la eficiencia energética en sus edificaciones y tendencias del uso del Green BIM, cabe indicar que estos países ya llevan años haciendo uso del BIM donde incluso ya se tiene guías de estándares la adopción de BIM. Los países escandinavos han tenido un papel importante en Europa como precursores del uso del BIM, lo llevan usando desde hace años y tienen bastante experiencia en implementaciones y beneficios obtenidos por estas.

En Finlandia, en el 2012 la Confederación de la Construcción Finlandesa tomó la decisión se hace el uso como una medida de innovación en el sector de la construcción. El gobierno finlandés ha decretado su uso obligatorio su uso en proyectos del sector publico.

En Dinamarca, el uso BIM se lleva usando hace ya varios años, en el 2011 el parlamento danés informó que se usaría el BIM en todos los proyectos públicos locales y regionales mayores a 2.7 millones.

En Noruega, el gobierno noruego estableció una declaración nacional para reducir errores, mejorar la coordinación, incrementar la eficiencia energética de todos sus edificaciones, como una política nacional.

En esta declaración conjunta se establecen los requisitos particulares para cada proyecto participante en la hora de adoptar los estándares abiertos para julio de 2016 y que ha sido firmada por un amplio rango de clientes del sector público, incluyendo el Norwegian Defence Estates.

En Irlanda, se tiene un organismo responsable el BICP (BIM Innovation Capability Programme) donde se promueve el uso del BIM, tiene por objetivo realizar una guía para la adopción del BIM.

El estudio está enfocado en explorar la proposición de valor que subyace tras este tipo de iniciativas que tanto los gobiernos como los profesionales, están llevando a cabo para implementar el BIM en sus países de origen. Por lo tanto, se ha realizado un análisis de varias regiones, tomando como principal punto de partida a Europa.

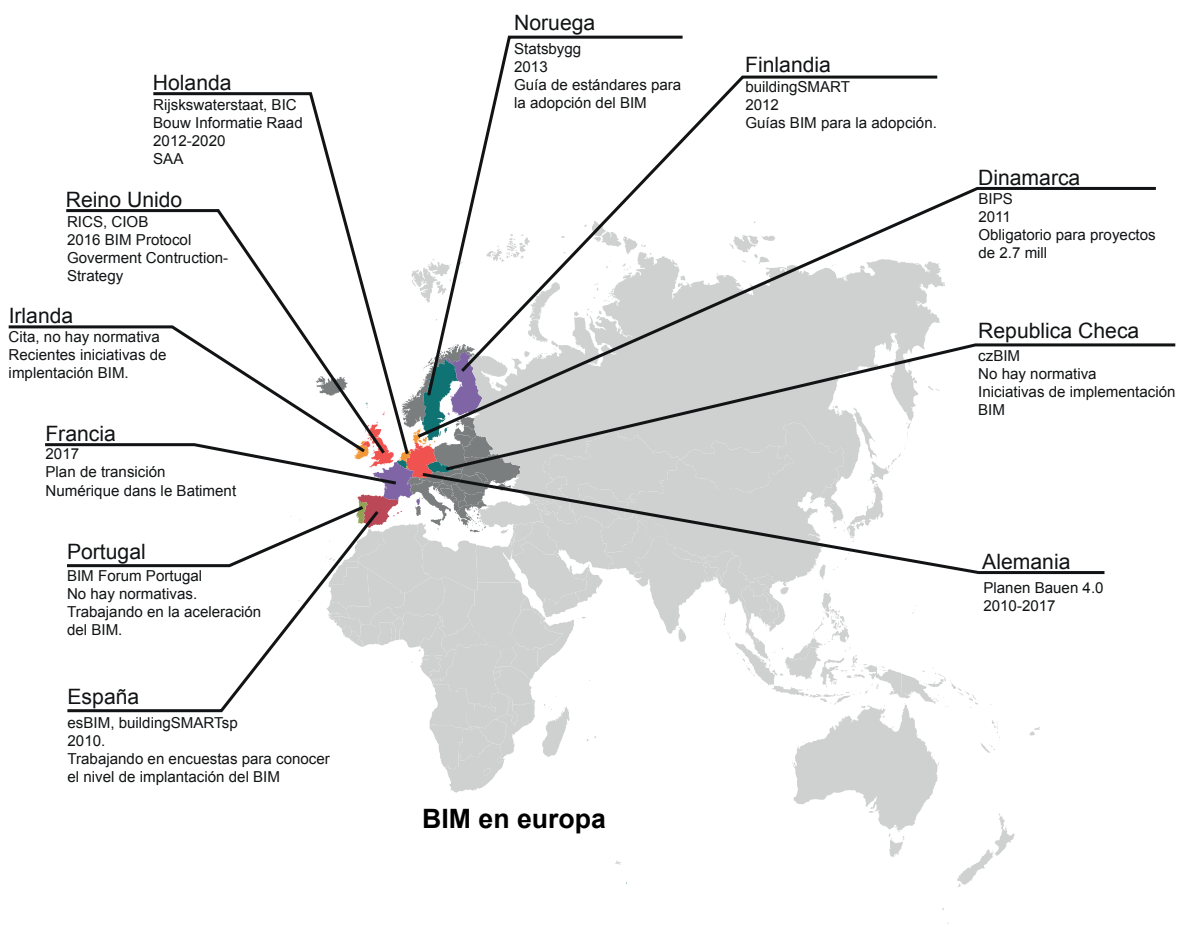


Figura 8: Implementaciones del BIM en Europa.

Fuente: Elaboración propia adaptado con información de Bimcommunity.

Otro punto de concentración a nivel global, se da en el continente americano, existe una concentración del BIM localizada en Sudamérica como Chile, Perú y Brasil donde existen comités y foros BIM, también implementaciones del sector privado orientado a la reducción de costos en proyectos.



En Brasil, El Departamento Nacional de Transportes de Infraestructuras de Brasil viene implementando el BIM con el objetivo de reducir costos en etapas de diseño, construcción y operación o mantenimiento, se plantea reducir hasta un 30%. Se tiene un plan que pretende aplicar el BIM en proyectos de mayor envergadura, pues se ha visto que una implementación tiene mejoras en la mejor calidad de edificaciones, y un notable ahorro en tiempo y presupuestos.

En Chile, el gobierno chileno ya posee un plan BIM proyectado en un lapso de 10 años, tiene como principal objetivo que el BIM sea un requisito en proyectos públicos para el 2020 y además se proyecta que en el sector privado también se tenga como un requisito el uso del BIM con una proyección al 2025. También se debe indicar que en dicho país ya existe un BIM Forum Chile el cual es un ente que ofrece contenido técnico, además de ser un punto de encuentro para mostrar las experiencias de implementaciones ya realizadas en Chile alrededor del BIM.

En Estados Unidos el uso del BIM ya es bastante alto, en el 2015 se dotó una guía nacional para adoptar el uso, llamada National BIM Guide for Owners,

El BIM se ha expandido entre los grandes propietarios públicos, incluyendo la Administración General de Servicios y el Cuerpo de Ingenieros del ejército, requiere de la metodología en la mayoría de los grandes proyectos del país.

La Veteran Affairs Office of Construction and Facilities Management, el Departamento de Diseño de Nueva York y construcción del protocolo BIM del estado de Ohio representan los mandatos BIM en sus respectivos estados o departamentos. Otros sectores públicos incluyen la State of Tennessee Office, Texas Facilities Commission, escuelas públicas del estado de Maryland, Washington y Wisconsin.

En Canadá, ya se lleva años haciendo uso del BIM, incluso posee organizaciones como CanBIM que investigan más sobre esta metodología, Canadá también posee una guía llamada BIM Practice Manual.

Algunos de sus proyectos incluyen un manual de tres volúmenes titulados BIM Practice Manual que servirá como ayuda a todas aquellas empresas del país interesadas en adoptar el BIM tanto a nivel organizativo como en proyectos particulares.



El IBC (Instituto del BIM en Canadá) está encargado de liderar y facilitar el uso coordinado del BIM en diseño, construcción y gestión del entorno construido del país. Esta organización ha creado una hoja de ruta canadiense para el ciclo de vida en el sector AECO.

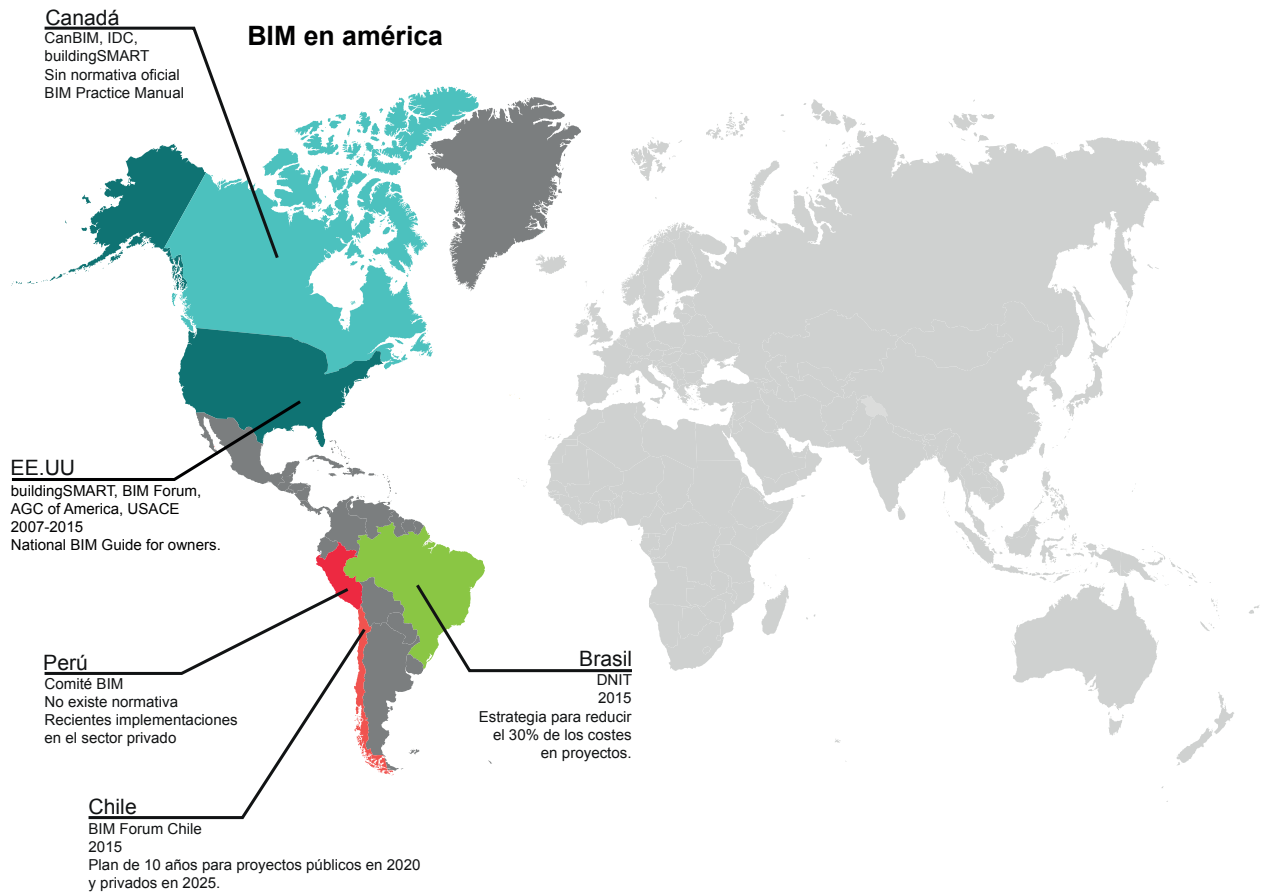


Figura 9: Implementaciones del BIM en América.

Fuente: Elaboración propia adaptado con información de Bimcommunity.

Otro puntos de concentración a nivel global, se da en el continente americano, existe una concentración del BIM localizada en Sudamérica como Chile, Perú y Brasil en donde no solo existen comités y foros BIM sino también ya implementaciones del sector privado orientadas a la reducción de costos en proyectos. En Corea del Sur y China, hay una fuerte presencia del BIM. De hecho, en el primero, tuvo lugar la primera conferencia BIM y en China ya existe un estándar nacional unificado para su uso.

El gobierno de la construcción de Singapur también ha creado una hoja de ruta para el BIM, que busca estimular a la industria para utilizarlo de manera independiente a partir del 2015, conjuntamente con un segundo plan dirigido a mejorar la productividad dentro del sector.





En China el Plan Nacional de cinco años del Ministry of Housing and Urban-Rural-Development's ha solicitado ya el BIM. Según un reciente informe de McGraw Hill Smart Market, se espera que el porcentaje de aquellos que utilizan BIM en al menos el 30% de los proyectos crezca en dos años: un 90% en arquitectos y un 110% en contratistas. La Unión BIMK de China ha desarrollado un estándar nacional unificado para el BIM. El Hong Kong Construction Industry Council Working Group ya posee una hoja de ruta para la estrategia de implementación BIM de cara a 2014, que consiste en 17 iniciativas dentro de 9 áreas.

Oceanía también cuenta El McGraw Hill Smart Market Report 2014 concluyó que el valor empresarial del BIM en Australia y Nueva Zelanda, es alto, pese a que sigue siendo un terreno desconocido.

En Australia, sobre todo, está ganando peso y en muchas áreas como el Departamento de planificación, transporte e infraestructura ya se han desarrollado guías BIM para agencias gubernamentales, consultores y contratistas, con una obligación del BIM en todos los proyectos de más de 30 millones de dólares.

El cuerpo legal, Infrastructure Australia, ha hecho público un plan de 15 años dentro del cual, el BIM queda subrayado como una recomendación para animar a una planificación estratégica integrada.

Por otro lado y pese a no contar con una regulación oficial, el BIM Acceleration Committee de Nueva Zelanda realiza esfuerzos para desarrollar procesos de trabajo más eficientes y han creado el libro BIM Handbook. En él se establece que la industria se mueva hacia el BIM, documentando los proyectos de manera más eficiente.

Finalmente, el UAE (United Arab Emirates) espera poder experimentar un boom en la construcción con una inversión de hasta 30 billones de dólares. En el barrio de Dubai, a partir de 2013, se ha utilizado el BIM de manera obligatoria para una arquitectura específica y ciertos trabajos MEP para edificios de más de 40 pisos o aquellos que abarcan más de 22,871 m<sup>2</sup>.

En julio de 2015 se actualizaron los datos respecto al distrito de Dubai y se plasmaron en una nueva circular con el objetivo de expandir el uso del BIM en arquitectura y los requisitos MEP en edificios que superen los 20 pisos en todos los proyectos gubernamentales.

Actualmente, grupos como el Emirates BIM Group han sido formados para asistir e introducir el software necesario para el BIM en aquellos agentes que acaban de empezar en el negocio o desean ampliar su experiencia.

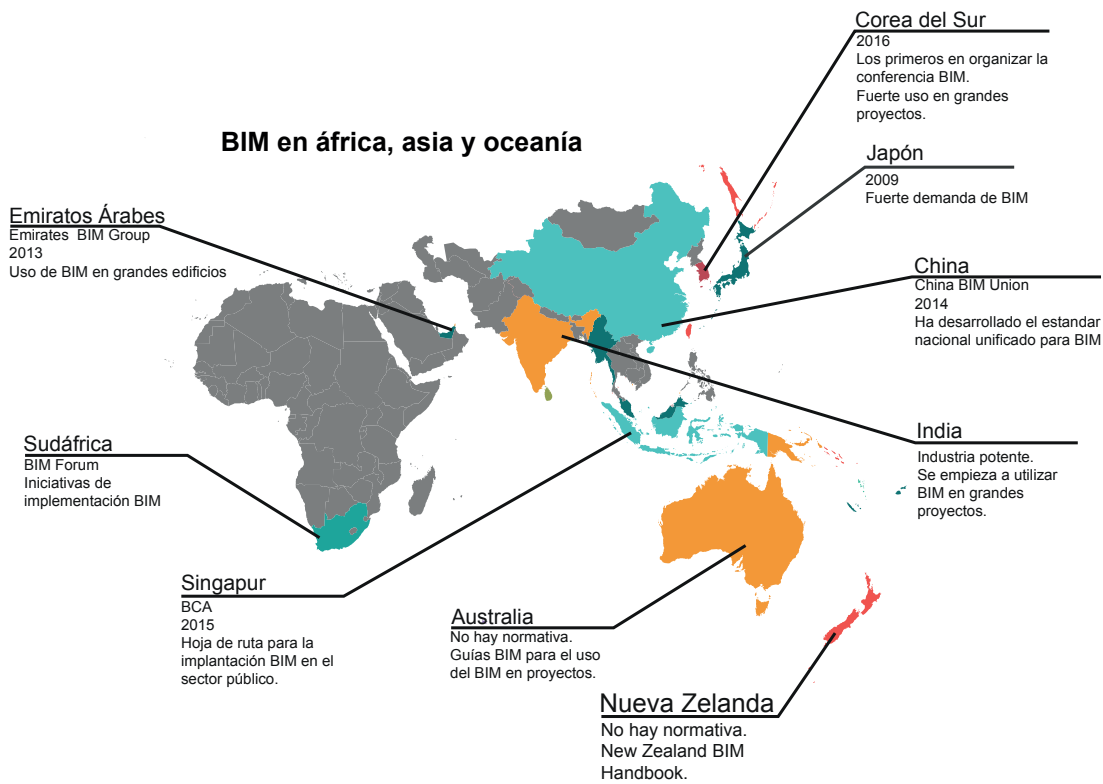


Figura 10: Implementaciones del BIM en África, Asia, Oceanía.  
Fuente: Elaboración propia adaptado con información de Bimcommunity.

### 2.2.6.2 BIM en el Perú

#### 2.2.6.3 Mercado Peruano

Recuperado del sitio web del Congreso BIM (2017) que posee información que explica que la situación del mercado peruano se ha visto severamente afectada en los últimos 2 años. La reducción de costos y la maximización de resultados son ahora más que nunca una exigencia para las empresas que operan en este mercado.

La innovación mediante la búsqueda no solamente de nuevas herramientas y tecnología, sino a través de la incorporación de nuevos métodos que escalen a niveles organizacionales es una constante en las organizaciones líderes en la industria; solo internalizando las mejores prácticas como una cultura en la empresa se hace posible hacer el crecimiento sostenible.

La adopción de una gestión de proyectos basada en BIM (Building Information Modelling) está alineada con ésta intención de crecer de manera sostenible en la industria de construcción.

Esta nueva metodología de trabajo no solamente involucra la creación de un modelo tridimensional e inteligente, sino que facilita la utilización de la información organizada para cumplir objetivos de negocio desde etapas tempranas del proyecto, minimizando el riesgo natural de esta industria y garantizando mejores resultados para los involucrados, desde el promotor hasta el operador del edificio.

La adopción de BIM en el Perú se ha acelerado en los últimos años. Se puede prever que esto romperá el paradigma de la gestión tradicional de proyectos para convertirse en el camino más adecuado para la gestión de proyectos eficientes.

#### **2.2.6.4 Realidad peruana**

Según Murguía Sánchez (2017) el 18% de los constructores y diseñadores de Lima conocen de las herramientas 3D y 4D para el diseño, planificación y control de proyectos. Son pocas oficinas de diseño que utilizan modelos 3D, los clientes no apuestan por este cambio y los constructores no dan pasos firmes en el uso de la herramienta. De otro lado, son pocas facultades de arquitectura e ingeniería en el país que han involucrado en sus planes de estudio softwares de diseño, planificación y control en 3D y 4D.

Sin embargo, poco a poco va teniendo acogida en proyectos enigmáticos como es el caso del diseño y construcción de la Villa Deportiva Nacional "La Videna", donde se viene desarrollando los trabajos para los Juegos Panamericanos, empleando metodologías como Lean Construction, Last Planner y el BIM.

De igual manera en el desarrollo del proyecto "Hotel Talbot" se utilizó la metodología BIM para el servicio de compatibilizan del proyecto.

En el contexto regional, también se evidencia la acogida del BIM en el proyectos de gestión pública como es el caso del Gobierno Regional de Cusco, quien emitió el Acuerdo Regional N°071-2017-CR/GRC CUSCO en el cual se decidió incorporar la metodología BIM en la gestión de proyectos de construcción en todas las dependencias.

Además de encargar al ejecutivo regional de realizar las acciones necesarias para que se adopte la metodología.

### 2.2.6.5 Comité BIM del Perú

Recuperado del sitio web del Peruconstruye, 2017 informa que el comité BIM pertenece al Instituto de la Construcción y el Desarrollo (ICD), organismo de la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO) y es un grupo técnico que incorpora profesionales que forman parte en todas las etapas de un proyecto, incluyendo a: clientes, proyectistas y constructores, con experiencias directas en la aplicación del BIM en el Perú y en proceso de desarrollo.

Diversos factores humanos, como la falta de información a tiempo, incompatibilidades, demora en las respuestas a los RFIs y la mala interpretación de la documentación, hacen que se genere un sobre costo en los proyectos de construcción, originando así muchas deficiencias en la comunicación entre los diversos actores del proyecto (cliente, proyectistas y constructor).

Motivados por brindarle la mejor solución a esta problemática, destacados profesionales ligados al sector construcción deciden conformar el Comité BIM del Perú, con respaldo de la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO), quienes tienen como objetivo principal difundir los avances en el uso de herramientas, experiencias y resultados de la aplicación BIM para lograr uniformidad y calidad en el sector construcción nacional.

De esta forma, las ventajas de migrar al BIM permitirían al Perú competir con países de Latinoamérica en la carrera de edificaciones más grandes, más eco-amigables y de menores desperdicios en el mundo.

CAPECO informa recopilar las iniciativas y resultados reales de BIM en el Perú, consolidar las experiencias y promover la difusión de las buenas prácticas en la gestión y el uso de Herramientas BIM.

Uno de sus objetivos es ser la institución o ente referente en Temas BIM a nivel Nacional. Difundir las ventajas y metodologías de trabajo en todas las empresas del sector. (charlas, eventos, congresos).

Capacitar e incentivar la enseñanza de conocimientos BIM a los diferentes profesionales del sector. (cursos, especializaciones).

Ser el soporte del crecimiento del uso de esta metodología formando empresas modeladoras, proyectistas y gerencias de proyectos quienes usen un estándar básico de modelado.

Lograr alcanzar una estandarización básica en el modelado, permitiendo

aprovechar mejor los modelos.

### **2.2.7 Indicadores de productividad**

Según De Souza (1994) los indicadores consisten en expresiones cuantitativas que representan una información obtenida a partir de la medición y evaluación de una estructura de producción, de los procesos que la componen y/o de los productos resultantes.

Este mismo autor señala que cuando el indicador representa un resultado obtenido en un proceso o las características de los productos finales resultantes, se constituye en un Indicador de Desempeño, ya que se refiere al comportamiento del proceso o producto en relación con determinadas variables.

Los indicadores de desempeño pueden dividirse en:

- Indicadores de rendimiento: son los que miden el desempeño de los procesos a través de una relación elaborada a partir de los recursos utilizados y los resultados alcanzados.

- Indicadores de calidad: son los que miden el desempeño de un producto o servicio relacionado con las necesidades de los clientes, ya sea internos o externos.

#### **2.2.7.1 Indicadores de rendimiento:**

Con el objetivo de medir el desempeño indicando el rendimiento del proceso de forma que se pueda alcanzar el objetivo fijado, se propone la metodología de “Indicadores Claves de Desempeño” o KPI del inglés “Key Performance Indicators”.

A partir de una revisión literaria se ha encontrado que los siguientes indicadores son los más empleados para medir el rendimiento en proyectos:

- Tiempo de entrega del proyecto integral.
- Productividad del modelado.
- Productividad en la producción de planos y metrados.

### 2.2.7.1.1 - Productividad en la producción de planos y metrados.

Este indicador se encarga de cuantificar la cantidad expresada en horas hombre en la producción por m<sup>2</sup> de área techada del proyecto para ejecutar una actividad en la producción en particular.

Están incluidas las horas consumidas en trabajos de revisión y corrección de producción mal ejecutados .

Este sistema de rendimientos se basa en la recolección diaria de información utilizando intervalos de medición, los cuales luego se organiza en cronogramas semanales para obtener promedios representativos usando la media aritmética.

Para realizar el análisis de estos métodos, es necesario tener una muestra representativa de un tamaño lo suficientemente grande para ser estadísticamente válida, obteniendo un resultado cercano de la situación real. (Olomolaiye, Jayawardane, & Harris, 1998)

El número de mediciones es calculado con la siguiente ecuación:

$$n = \frac{k^2 * p * q}{e^2}$$

Donde:

*n* es el número de mediciones.

*k* es el coeficiente para un grado de confiabilidad de 95% de 1.96

*q* es el 50% (100%-porcentaje estimado)

*e* es el límite de error requerido un límite de error del 5%

Tabla 4: Tamaño requerido de muestra para niveles de confianza de 95 %

Proporción por categoría (%)	95% nivel de confianza			
	Límite de error (%)			
	1	2.5	5	10
50.50	9604	1537	<b>384</b>	96
40.60	9220	1475	369	92
30.70	8067	1291	323	81
20.80	6147	983	246	61
10.90	3457	553	138	35

Fuente: Olomolaiye, Jayawardane, Harris.

O también haciendo uso de la tabla 4 se necesitarán 384 mediciones como mínimo para un 95% de confiabilidad.



En la recolección de datos se considera el número de profesionales involucrados en la producción (ingeniero, cadista/modelador), el tiempo empleado en realizar dicha actividad. El análisis de las variables permite calcular para cada actividad el promedio de rendimientos. Culminada esta recolección de datos se procede a la aplicación de factores de incremento debido a tiempos empleados para el uso por ejemplo de servicios higiénicos, coffee break, además de un procesamiento estadístico.

Dentro de la realización de la investigación se llevó a cabo la producción de formatos tanto para la recolección como para el análisis, se diseñó una tabla matriz, se formularon cálculos, procedimientos, análisis de resultados y los índices de rendimiento para cada una de las actividades, finalmente se definieron los rendimientos para cada una de las actividades, consignadas una tabla y se concluyó mediante los seguimientos capturas de pantalla y registro fotográfico del proceso de producción.

Este indicador servirá como retroalimentación para la estimación de tiempos para los siguientes proyectos en la empresa IMTEK.



El caso de estudio es el proyecto “Mejoramiento de los Servicios Educativos de la I.E. N° 50677 - Nivel Primario Huancascca” se compone por 3 bloques.

Tabla 5: Área techada por bloques del proyecto

<i>Ident.</i>	<i>N° de Niveles</i>	<i>Área 1er nivel</i>	<i>Área 2do nivel</i>	<i>Subtotal por nivel</i>
Bloque A	2 niveles	190.86 m <sup>2</sup>	240.65 m <sup>2</sup>	431.51 m <sup>2</sup>
Bloque B	2 niveles	162.38 m <sup>2</sup>	205.42 m <sup>2</sup>	367.80 m <sup>2</sup>
Bloque C	1 nivel	112.75 m <sup>2</sup>	-	112.75 m <sup>2</sup>
Total				912.06 m <sup>2</sup>

Fuente: Recuperado del expediente técnico - Arquitectura.

Y en cada producción se compone por:

**a. Producción de planos.**

Planos de cimentaciones, columnas, vigas, losas, escaleras, tabiques, que a su vez, dentro de la producción de cada plano se conforma por las actividades: dibujo, ensamblado, revisión y corrección.

**b. Producción de metrados**

Que se conforma por metrados de cimentaciones, columnas, losas, vigas, escaleras, tabiques, revisión y corrección.

Se debe considerar que este proceso se realizó primeramente usando métodos tradicionales y luego usando la metodología de trabajo BIM.

Con fines organizar el volumen de datos, se generó un código para tener un control ordenado, código adaptado *E/A Design Division BIM Standard Manual para la empresa IMTEK* siguiendo la notación siguiente:

MT o BIM hace referencia a uso de la metodología, ya sea Métodos tradicionales o metodología de trabajo BIM

P o M hace referencia a la producción, ya sea planos o metrados.

1-25 hace referencia a un orden numérico y sucesivo de los datos medidos.

A, B o C hace referencia al bloque en la producción, ya sea Bloque A, Bloque B o Bloque C



A continuación se muestran los códigos de la recolección de datos distinguiendo las variaciones por bloques y el uso de la metodología:

Tabla 6: Códigos por bloques usando Métodos tradicionales.

Producción		Actividad	Bloques		
			Cod. Bloque A	Cod. Bloque B	Cod. Bloque C
Planos	Cimentaciones	Dibujo	MT-P1A	MT-P1B	MT-P1C
		Ensamblado	MT-P2A	MT-P2B	MT-P2C
		Revisión y corrección	MT-P3A	MT-P3B	MT-P3C
	Columnas	Dibujo	MT-P4A	MT-P4B	MT-P4C
		Ensamblado	MT-P5A	MT-P5B	MT-P5C
		Revisión y corrección	MT-P6A	MT-P6B	MT-P6C
	Vigas	Dibujo	MT-P7A	MT-P7B	MT-P7C
		Ensamblado	MT-P8A	MT-P8B	MT-P8C
		Revisión y corrección	MT-P9A	MT-P9B	MT-P9C
	Losas	Dibujo	MT-P10A	MT-P10B	MT-P10C
		Ensamblado	MT-P11A	MT-P11B	MT-P11C
		Revisión y corrección	MT-P12A	MT-P12B	MT-P12C
	Escaleras	Dibujo	MT-P13A	MT-P13B	MT-P13C
		Ensamblado	MT-P14A	MT-P14B	MT-P14C
		Revisión y corrección	MT-P15A	MT-P15B	MT-P15C
	Tabiques	Dibujo	MT-P16A	MT-P16B	MT-P16C
		Ensamblado	MT-P17A	MT-P17B	MT-P17C
		Revisión y corrección	MT-P18A	MT-P18B	MT-P18C
Metrados	Cimentaciones	MT-M19A	MT-M19B	MT-M19C	
	Columnas	MT-M20A	MT-M20B	MT-M20C	
	Vigas	MT-M21A	MT-M21B	MT-M21C	
	Losas	MT-M22A	MT-M22	MT-M22C	
	Escaleras	MT-M23A	MT-M23B	MT-M23C	
	Tabiques	MT-M24A	MT-M24B	MT-M24C	
	Revisión y corrección	MT-M25A	MT-M25B	MT-M25C	

Fuente: Elaboración propia adaptado de *E/A Design Division BIM Standard Manual*.

Tabla 7: Códigos por bloques usando la metodología de trabajo BIM.

<b>Producción</b>		<b>Actividad</b>	<b>Bloques</b>		
			<b>Cod. Bloque A</b>	<b>Cod. Bloque B</b>	<b>Cod. Bloque C</b>
Planos	Cimentaciones	Dibujo	BIM-P1A	BIM-P1B	BIM-P1C
		Ensamblado	BIM-P2A	BIM-P2B	BIM-P2C
		Revisión y corrección	BIM-P3A	BIM-P3B	BIM-P3C
	Columnas	Dibujo	BIM-P4A	BIM-P4B	BIM-P4C
		Ensamblado	BIM-P5A	BIM-P5B	BIM-P5C
		Revisión y corrección	BIM-P6A	BIM-P6B	BIM-P6C
	Vigas	Dibujo	BIM-P7A	BIM-P7B	BIM-P7C
		Ensamblado	BIM-P8A	BIM-P8B	BIM-P8C
		Revisión y corrección	BIM-P9A	BIM-P9B	BIM-P9C
	Losas	Dibujo	BIM-P10A	BIM-P10B	BIM-P10C
		Ensamblado	BIM-P11A	BIM-P11B	BIM-P11C
		Revisión y corrección	BIM-P12A	BIM-P12B	BIM-P12C
	Escaleras	Dibujo	BIM-P13A	BIM-P13B	BIM-P13C
		Ensamblado	BIM-P14A	BIM-P14B	BIM-P14C
		Revisión y corrección	BIM-P15A	BIM-P15B	BIM-P15C
	Tabiques	Dibujo	BIM-P16A	BIM-P16B	BIM-P16C
		Ensamblado	BIM-P17A	BIM-P17B	BIM-P17C
		Revisión y corrección	BIM-P18A	BIM-P18B	BIM-P18C
Metrados	Cimentaciones	BIM-M19A	BIM-M19B	BIM-M19C	
	Columnas	BIM-M20A	BIM-M20B	BIM-M20C	
	Vigas	BIM-M21A	BIM-M21B	BIM-M21C	
	Losas	BIM-M22A	BIM-M22	BIM-M22C	
	Escaleras	BIM-M23A	BIM-M23B	BIM-M23C	
	Tabiques	BIM-M24A	BIM-M24B	BIM-M24C	
	Revisión y corrección	BIM-M25A	BIM-M25B	BIM-M25C	

Fuente: Elaboración propia *E/A Design Division BIM Standard Manual*.

## 2.2.8 Implementación de la metodología de trabajo BIM en la empresa IMTEK

### 2.2.8.1 Situación antes de la implementación (Mét. tradicionales)

#### 2.2.8.1.1 Flujo de trabajo, roles y responsabilidades

El flujo de trabajo presentaba una comunicación lineal y asincrónica entre uno u otra especialidad, donde los entregables son estáticos y se entrega en formato físico y digital tanto los planos como metrados de acuerdo con un formato de estandarización para planos y metrados respectivamente.



Figura 11: Analizando los flujos de trabajo.

Fuente: Elaboración propia.

Se realizó el análisis del flujo de trabajo y a continuación se detalla:

- a. Se identifica la idea o necesidad de desarrollar un proyecto con ciertas características definidas por el cliente y se conceptualiza la idea de la necesidad.
- b. Se genera el proyecto arquitectónico que cubra la necesidad para luego convocarse a una reunión inicial para su revisión, hasta este punto se presentan como documento contractual los planos de arquitectura básica para estructuración en formato digital en tipo de archivo (\*.dwg).

“Cabe indicar en este proceso sigue perteneciendo a la especialidad de arquitectura pero es necesario conocer todo el proceso para poder aplicar y analizar mejor la metodología”.

- c. Una vez validado el proyecto de la especialidad de arquitectura el especialista en este caso el ingeniero estructural proyectista procede a realizar la estructuración del proyecto.

Se realiza la primera reunión de coordinación para validar si la estructuración no afecta la propuesta arquitectónica ni se presenta alguna incompatibilidad.

d.1. Una vez validada la estructuración el ingeniero estructural proyectista realiza el modelado para el análisis sismo resistente para posteriormente diseñar los elementos estructurales.

La habiendo definido estos parámetros, se procede a la producción de los planos estructurales, comenzando de la siguiente forma secuencial:

- Producción de planos de cimentación.
- Producción de planos de columnas.
- Producción de planos de losas.
- Producción de planos de vigas.
- Producción de planos de escaleras.
- Producción de planos de tabiques.

Posteriormente se realiza el ensamblado respectivo es decir se realiza el acomodo y armado de la producción en una lámina de presentación, finalizado pasa un proceso de revisión y corrección por cada plano.

Como documento contractual se presentan los planos de estructuras en formato físico y digital en tipo de archivo (\*.dwg).

d.2. Ya teniendo estos documentos validados, se procede a realizar los metrados correspondientes a la parte de estructuras, acorde al formato de estandarización para metrados de la empresa, finalizado pasa un proceso de revisión y corrección por cada metrado.

Hasta este punto se tiene como documento contractual se presentan los metrados en formato físico y digital en tipo de archivo (\*.xlsx).

Con esta información se procede finalmente a armar las especificaciones técnicas correspondientes a la parte de estructuras.

Ya que nos encontramos en etapa de diseño, muchas veces suceden modificaciones y correcciones del proyecto. Dichas modificaciones y correcciones deben verse reflejadas tanto en los planos estructurales y como en los metrados correspondientes a la parte estructural.

A continuación se presenta el esquema correspondiente al flujo de trabajo antes de la implementación:

Flujo de trabajo Mét. Tradicionales

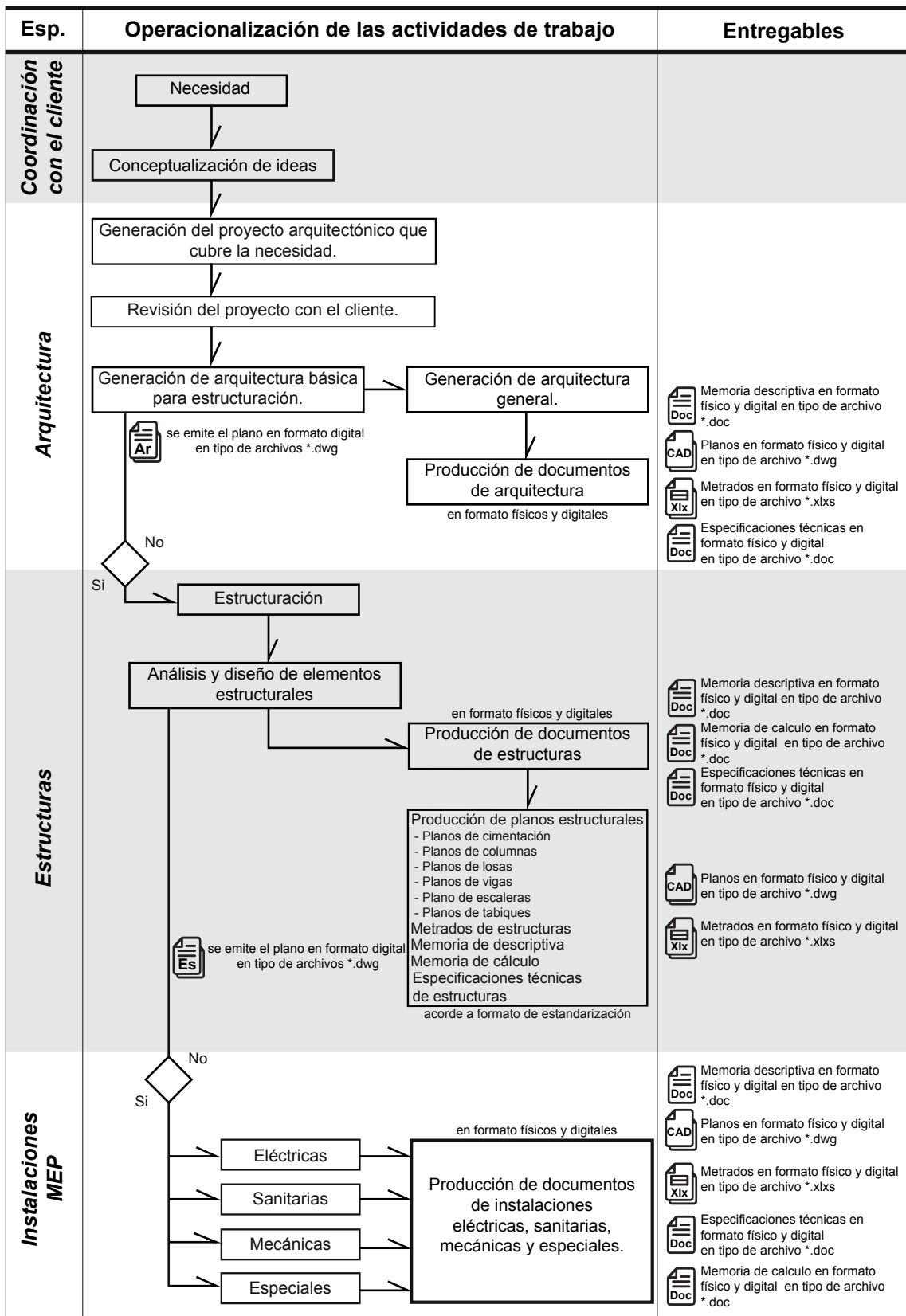


Figura 12: Flujo de trabajo en etapa Mét. tradicionales.

Fuente: Elaboración propia.



El análisis también se da en la definición de roles y responsabilidades de los diferentes profesionales involucrados. Se refiere tanto a la descripción del cargo y su relación con los integrantes del equipo de trabajo.

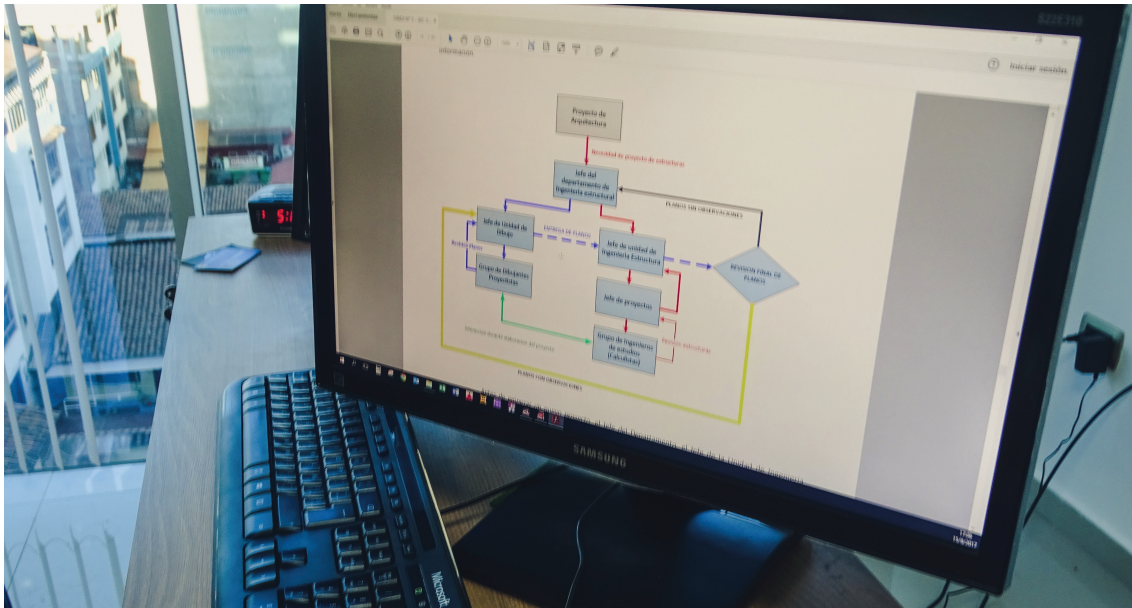


Figura 13: Analizando los roles y responsabilidades.

Fuente: Elaboración propia.

La organización se da de la siguiente manera:

- Ingeniero proyectista estructural: Su labor es desarrollar íntegramente la especialidad estructuras del proyecto, desde la estructuración, análisis y el diseño de los elementos estructurales e incluso en el proceso de la producción de planos coordinando conjuntamente con los ingenieros del área de producción de planos y metrados respectivamente.

- Ingeniero del área de producción de planos: Es el encargado de producción de los planos también llamado cadista.

- Ingeniero del área de metrados: Es el encargado de realizar el metrado correspondientes a la parte estructural.

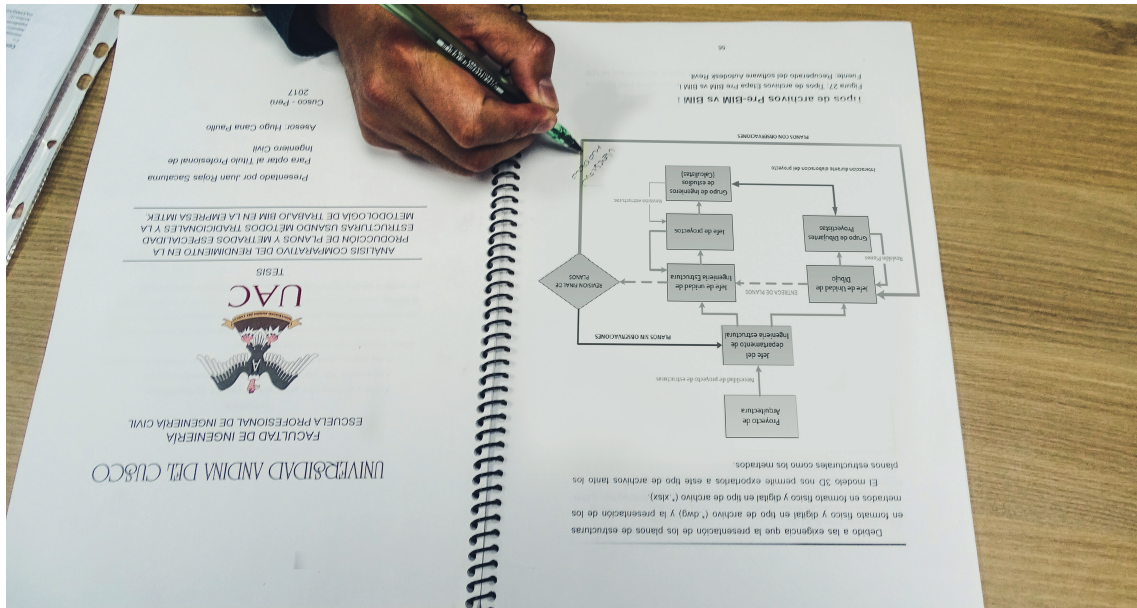


Figura 14: Corrección esquema de roles y responsabilidades.

Fuente: Elaboración propia.

Dependiendo del tamaño y características del proyecto, si es un proyecto pequeño o de mediano es posible que el ingeniero del área de producción de planos y el ingeniero del área de producción de metrados sean un mismo profesional, por el contrario si el proyecto es grande o con características especiales es posible que se involucren más profesionales.

A continuación se presenta el esquema correspondiente de roles y responsabilidades antes de la implementación:

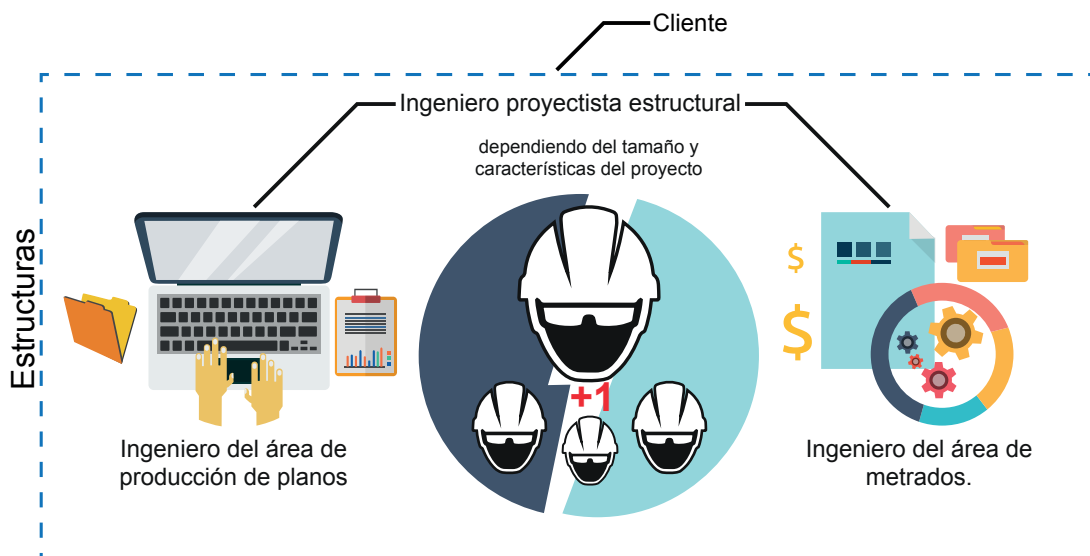


Figura 15: Roles y responsabilidades Mét. tradicionales.

Fuente: Elaboración propia.

### 2.2.8.1.2 Software y hardware

#### *a. Software*

a.1. El software que se utilizó para la producción de planos es el Autodesk Autocad, incluido su uso en el proceso de estructuración del proyecto.

También se usó en el proceso de ensamblado que viene a ser el acomodo y armado de la producción de planos en una lámina de presentación.

a.2. El software que se utilizó para la producción de metrados correspondientes a la parte estructural es el Microsoft Office Excel que sirve para plasmarlos en forma de hoja de cálculo.

#### *b. Hardware*

Con respecto a la exigencia de hardware se usó computadoras PC y portátiles con características técnicas de buena capacidad de almacenamiento, procesadores potentes y tarjetas de video dedicada.

### 2.2.8.1.3 Estandarización de planos y metrados

En la empresa ya se había desarrollado un formato de estandarización de planos y metrados con el objetivo tanto de manejar el contenido mínimo de información que deben contener.

Pues se busca manejar un mismo un formato de estandarización pues así se asegura la interoperabilidad entre los profesionales involucrados en todo el proceso de producción.



Figura 16: Analizando formato de estandarización de planos.

Fuente: Elaboración propia.



Este formato nos asegura que nuestra representación de detalles, uso de capas, cuadros u otra información no se altere cuando se produzcan los planos ni metrados, además de asegurar una visualización correcta en formato físico y digital, pues estos formatos ya están calibrados para ese uso.

Se manejaba dibujos CAD para la producción de planos y hojas de cálculo para la producción de metrados. Los dibujos CAD usan líneas, arcos y símbolos bidimensionales 2D para representar objetos geométricos que para ser actualizados se debe dar de forma manual, igualmente las hojas de cálculos son actualizadas producto de la digitación de la información de forma manual, por lo tanto estos son considerados como estáticos.

Los formatos poseían las siguientes características:

**a. Estandarización de planos estáticos**

a.1. Nivel de detalle

Ya se encontraba estipulado como se representan los elementos estructurales, cuales anotaciones y cual información debían llevar respecto a la geometría, propiedad de materialidad o propiedades particulares como refuerzo de acero que posee un elemento estructural

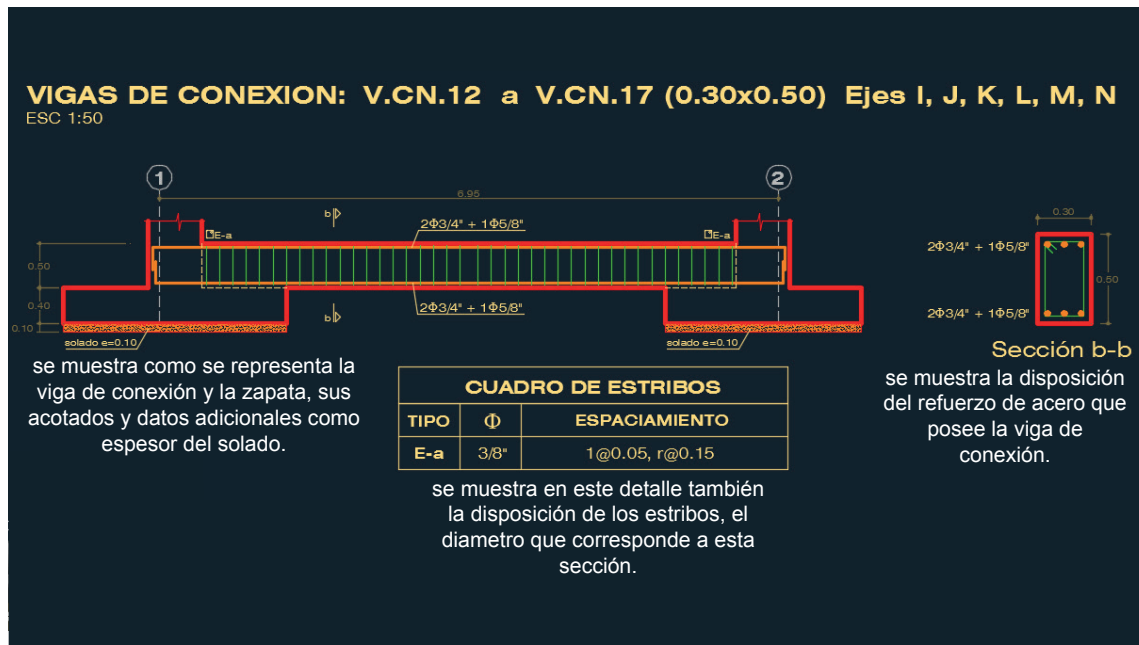


Figura 17: Nivel de Detalle Mét. tradicionales.

Fuente: Recuperado del software Autodesk AutoCAD.

a.2. Librería de detalles

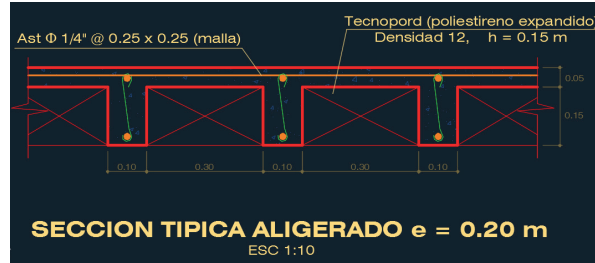
Se manejaba una librería de detalles típicos de elementos estructurales, actualizable o para nuevos detalles.

Esta librería estaba organizada en diferentes carpetas y archivos pues al tratarse de información que utilizan varios involucrados, debe mantenerse organizada y accesible.

- Detalles típicos
- Planos completos
- metrados estructuras Huancascca.xlsx
- PARTIDAS Huancascca.doc

todo detalle típico se almacena en la carpeta Detalles típicos.

Carpeta de archivos



- PL\_Cimen y Colum\_I.E. Huancascca.dwg
- PL\_Estructuración\_I.E. Huancascca.dwg
- PL\_Gral\_I.E. Huancascca.dwg
- PL\_Losas.dwg
- PL\_Tabiques\_I.E. Huancascca.dwg
- PL\_Vig y Esc\_I.E. Huancascca.dwg

Se maneja archivos por cada plano para luego ensamblar las láminas de presentación que contentan todo el proyecto.

Figura 18: Detalle Típico y Librería de detalles Mét. tradicionales.

Fuente: Recuperado del software Autodesk AutoCAD.

a.3. Capas CAD

Se estableció el uso de capas, cada una con una denominación diferente con respecto al elemento estructural dibujado y además de establecerse las características como grosores, tipos de línea y color.

E...	Nombre	Act	Inut...	Bl...	Color	Tipo de ...	Grosor d...	Estilo ...	T...	Inuti...
imo	COL AMARRE	☑	☑	☑	ma...	Continu...	0.80...	Color_6	☑	☑
imo	COLUMNA	☑	☑	☑	am...	Continu...	0.80...	Color_2	☑	☑
imo	COTAS	☑	☑	☑	45	Continu...	0.00...	Color_45	☑	☑
imo	EJES	☑	☑	☑	9	Continu...	0.15...	Color_9	☑	☑
imo	ESTRIBOS	☑	☑	☑	ver...	Continu...	0.09...	Color_3	☑	☑
imo	FONDO 0.09	☑	☑	☑	251	Continu...	0.09...	Color_...	☑	☑
imo	LINEA 0.13	☑	☑	☑	rojo	Continu...	0.13...	Color_1	☑	☑
imo	LINEA 0.30	☑	☑	☑	rojo	Continu...	0.50...	Color_1	☑	☑
imo	LINEA 0.50	☑	☑	☑	ma...	Continu...	0.50...	Color_6	☑	☑
imo	METAL	☑	☑	☑	20	Continu...	0.60...	Color_20	☑	☑
imo	ROTULO	☑	☑	☑	41	Continu...	0.30...	Color_41	☑	☑
imo	TABIQUE	☑	☑	☑	30	Continu...	0.09...	Color_30	☑	☑
imo	TEXTO	☑	☑	☑	41	Continu...	0.20...	Color_41	☑	☑
imo	VIGAS	☑	☑	☑	146	Continu...	0.50...	Color_...	☑	☑

las capas CAD tenían la denominación "imo" seguidos del elemento a dibujarse.

cada capa ya poseía grosores, tipos de línea y colores.

Figura 19: Capas CAD Mét. tradicionales.

Fuente: Recuperado del software Autodesk AutoCAD.

El color y grosor de las capas no se usan de forma aleatoria, por el contrario existió una calibración para su visualización en pantalla y en papel, el uso de ciertos colores y grosores dan una jerarquía visual en los elementos estructurales pues se intenta enfatizar lo más importantes, también debido a que se trabaja bastantes horas en la producción de planos, los colores brillantes generan cansancio visual.

#### a.4. Tipografía

Se estableció también una única tipografía para su uso, con la principal característica de ser legible y con un tamaño de letra adecuado que permite una visualización correcta de los planos en formato físico.

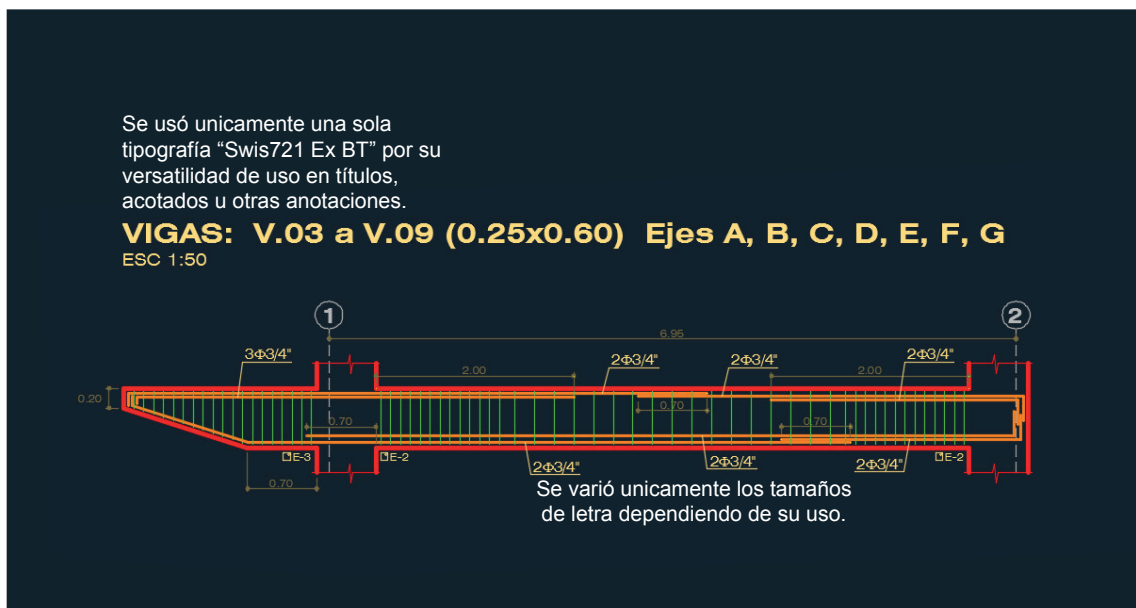


Figura 20: Tipografía Mét. tradicionales.

Fuente: Recuperado del software Autodesk AutoCAD.

#### a.5. Archivos de almacenamiento e intercambio

Se presentan los planos de estructuras en formato físico y digital en tipo de archivo (\*.dwg). Este tipo de archivo resulta compatible con otros softwares de diseño.

#### **b. Estandarización de metrados estáticos**

##### b.1. Cuadro general de metrados

Se poseía este formato general en forma de cuadro donde se mostraban los datos principales del proyecto, y toda información referente a como n° partidas, descripción, medidas de la geometría, métricas parciales y totales, finalmente mostraba un cuadro resumen con toda la información de los metrados.

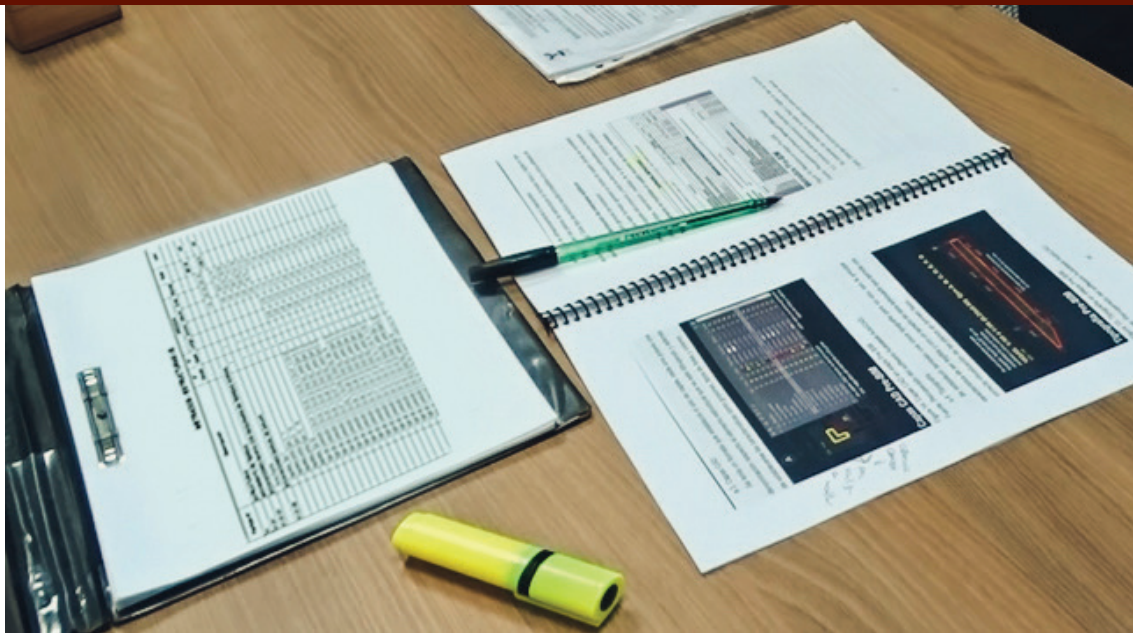


Figura 21: Analizando formato de estandarización de metrados.

Fuente: Elaboración propia.

METRADOS - ESTRUCTURAS									
PROYECTO: "MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS EDUCATIVOS DE LA I.E. N° 50677 - NIVEL PRIMARIO HUANCASCCA"									
ELABORA: ING. IVÁN MOLINA PORCEL CIP. 86469 - IMTEK									
FECHA: 2015									
Partida N°	Descripción	N° Vece	N° Elem	MEDIDAS			Parcial	Total	Und
				Largo	Ancho	Altura	Area		
01	ESTRUCTURAS								
01.01	MOVIMIENTO DE TIERRAS								
01.01.01	EXCAVACIONES MASIVA CON MAQUINARIA EN TERRENO NORMAL							881.40	m3
	Area Planta	1	1			1.50	587.60	881.40	
01.01.02	EXCAVACIONES MANUAL DE ZANJAS							1109.31	m3
	Zapatás, Eje 1	1	1			1.60	38.61	61.77	
	Zapatás,entre Ejes 3 - 7	1	1			1.60	120.55	192.88	
	Zapatás,entre Ejes 8 - 15	1	1			1.60	88.54	141.61	
RESUMEN DE METRADOS ESTRUCTURAS									
PROYECTO: "MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS EDUCATIVOS DE LA I.E. N° 50677 - NIVEL PRIMARIO HUANCASCCA"									
UBICACIÓN: ING. IVÁN MOLINA PORCEL CIP. 86469 - IMTEK									
FECHA: 2015									
Partida N°	Descripción			ANFITEAT	Total	Und			
01	ESTRUCTURAS								
01.01	MOVIMIENTO DE TIERRAS								
01.01.01	EXCAVACIONES MASIVA CON MAQUINARIA EN TERRENO NORMAL			881.40	881.40	m3			
01.01.02	EXCAVACIONES MANUAL DE ZANJAS			1109.31	1109.31	m3			
01.01.03	PERFILADO DE ZANJAS			705.34	705.34	m2			
01.01.04	ACARREO INTERNO DE MATERIAL EXCEDENTE DE EXCAVACIÓN (D=40M)			1442.11	1442.11	m3			
01.01.05	RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO			305.60	305.60	m3			
01.01.06	NIVELACION INTERIOR Y APISONADO MANUAL			2226.28	2226.28	m2			
01.01.07	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE CON MAQUINARIO (D=50KM)			803.72	803.72	m3			
01.02	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE								
01.02.01	SOLIDOS								

Figura 22: Metrados Mét. tradicionales.

Fuente: Recuperado del software Microsoft Office Excel.

b.2. Archivos de almacenamiento e intercambio

Se presentan los metrados en formato físico y digital en tipo de archivo (\*.xlsx). Este tipo de archivo resulta compatible con otras hojas de cálculo.

**2.2.8.2 Situación con la implementación (BIM I)**

Existen experiencias previas de implementaciones de la metodología de trabajo BIM, incluso ofrecen guías de implementación o estándares de trabajo, éstas fueron tomadas como referencia, pero no se aplicaron estrictamente

La implementación comienza definiéndose la etapa de maduración BIM, considerándose que las implementaciones se deben dar de forma progresiva y gradual, por lo tanto se comenzó con la etapa BIM I.

**Etapa BIM I** Uso para el diseño: Modelamiento basado en objetos.

Pre-requisito	Flujo de trabajo	Entregables (PL, ME)	Modelo BIM
CAD	Ar		
BIM	Es		
CAD	Mep		

Los planos y metrados dejan de ser estáticos para convertirse en dinámicos

Se trabaja en un modelo 3D BIM que si sufre cualquier modificación geométrica o de información se actualizará automáticamente en los planos y en los metrados, en las diferentes elevaciones, secciones o cuadros.

\*\* Al menos una (01) especialidad es BIM.

Los flujos de trabajo, roles y responsabilidades se siguen manteniendo como en la etapa Pre-BIM.

Debido a que ya no se trabaja con un dibujo CAD, los modelos 3D BIM también pueden configurarse de acuerdo a un formato de estandarización y convertirlos en dinámico.

Figura 23: Implementación BIM I

Fuente: Elaboración propia adaptado de Succar, 2013.

Esta etapa de maduración se caracteriza por implementarse en sólo una especialidad del proyecto, por lo tanto se realizó la implementación de etapa BIM I en la especialidad de estructuras.

También se caracteriza para mejorar la dinamización de gestión de la información en la producción de los planos y metrados adicionalmente mejorar los formatos de estandarización tanto de planos como metrados, más no mejorar los flujos de trabajo ni roles y responsabilidades.

**2.2.8.2.1 Flujo de trabajo, roles y responsabilidades**

El flujo de trabajo sigue presentando una comunicación lineal y asincrónica entre una u otra especialidad, respecto a los roles y responsabilidades de los diferentes profesionales involucrados siguen siendo los mismos.

A continuación se presenta el esquema correspondiente al flujo de trabajo antes de la implementación:



Flujo de trabajo BIM I

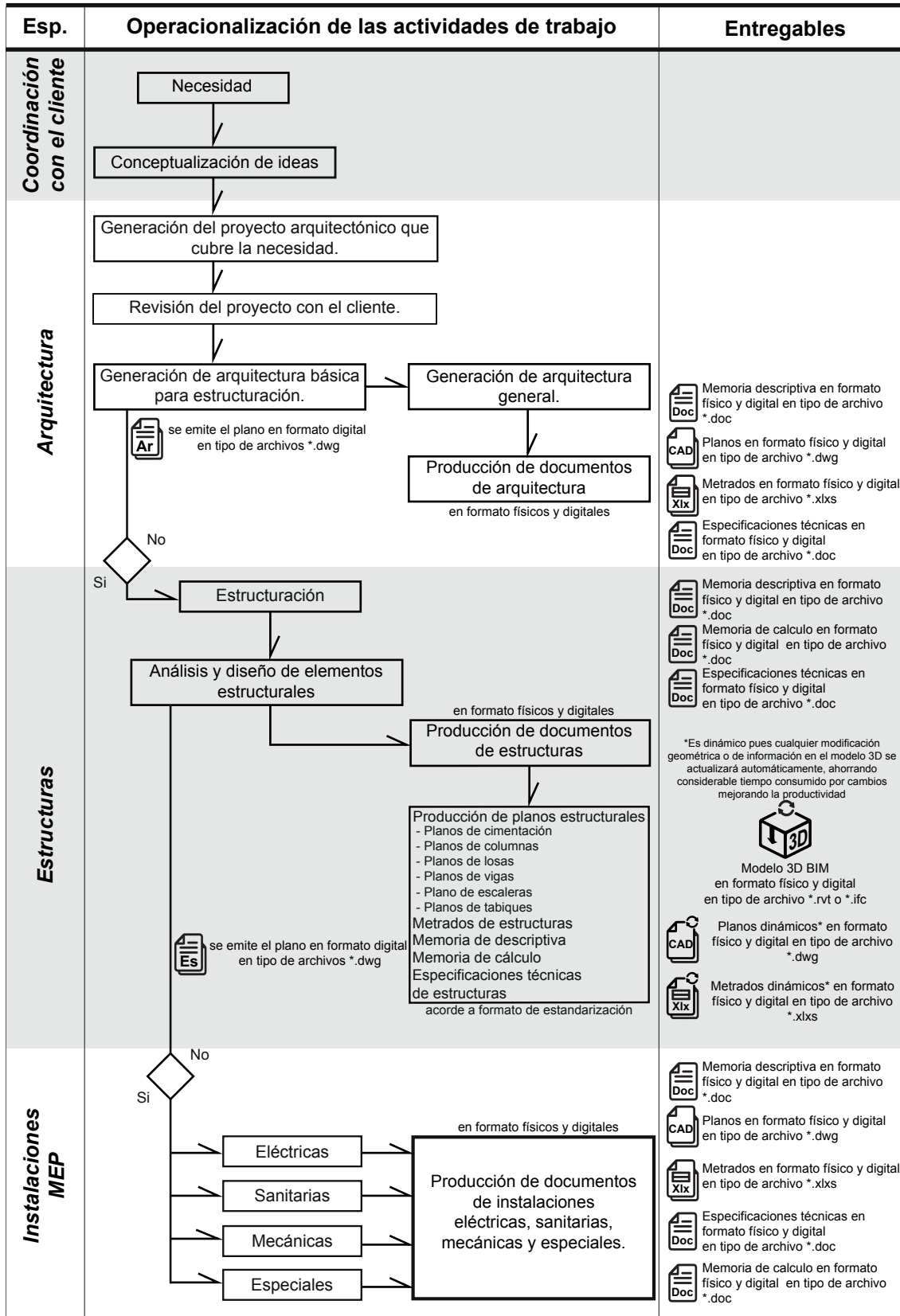


Figura 24: Flujo de trabajo BIM I.

Fuente: Elaboración propia.

Se mejoró los entregables convirtiéndolos de estáticos a dinámicos, es decir que la producción de planos y metrados deja de utilizar dibujos CAD y hojas de calculo estáticos, a convertirse en un solo modelo 3D BIM dinámico elementos paramétricos.

**Mét. Tradicionales vs BIM I**

**Dibujo CAD**

**ZAPATA Z1**  
ESC 1:50

sólo usan líneas, arcos y símbolos bidimensionales 2D para representar objetos geométricos.

**Modelo 3D BIM**

**ZAPATA TÍPICA Z-1**  
ESC 1:25

Dimensions	
Foundation Thickness	0.4000
Width	1.5000
Length	1.5000

Identity Data	
Description	
Cost	
Assembly Description	
Type Mark	Z-1

contiene información de la geometría, materialidad, cantidades, propiedades particulares, costo o algún tipo de característica que se desea incluir.

Figura 25: Dibujo CAD vs modelo 3D BIM

Fuente: Recuperado del software Autodesk AutoCAD y Revit.

Cualquier cambio en el modelo 3D BIM es dinámico, es decir que cualquier modificación geométrica o de información en el modelo 3D se actualizará automáticamente en las diferentes elevaciones, secciones o cuadros. Ahorrando considerable tiempo consumido por cambios mejorando la productividad.

**ZAPATA TÍPICA Z-1**  
ESC 1:25

al ser un elemento paramétrico este se maneja en diferentes vistas, secciones o cuadros pues es un modelo virtual integrado a una base de datos.

CUADRO DE ZAPATAS C° m3			
DESCRIPCIÓN	CANT	H= ALTURA	VOLUMÉN C°
Solado e=0.10m	8	0.10	0.23 m³
Z-1	8	0.40	0.90 m³

Figura 26: Modelo 3D BIM dinámico en etapa BIM I

Fuente: Recuperado del software Autodesk Revit.

También existe mejoras en el formato de estandarización para planos y metrados. Debido a que ya no se trabaja con un dibujo CAD, los modelos 3D BIM el formato de estandarización para planos y metrados debe mejorarse.

Se siguen presentando como documento contractual los planos de estructuras en formato físico y digital en tipo de archivo (\*.dwg) y los metrados en formato físico y digital en tipo de archivo (\*.xlsx) que son exportados de un modelo 3D BIM en tipo de archivo (\*.rvt)

Este modelo administra una base de datos centralizada, con toda la información del proyecto que incluye un formato de estandarización completamente dinámico y con la facilidad de editar hasta las láminas de presentación.

### 2.2.8.2.2 Software y Hardware:

#### a. Software

El software utilizado es Autodesk Revit, un software de diseño BIM más orientado para proyectos de edificación que posee en un mismo entorno las tres versiones enfocadas a distintas especialidades (Estructuras, Arquitectura y MEP).

La investigación se enfoca en la especialidad de estructuras, sin embargo, la implementación seguirá avanzando a la siguiente etapa de maduración BIM por lo tanto es necesario que el software nos brinde ese respaldo de poder utilizarlo con otras especialidades.

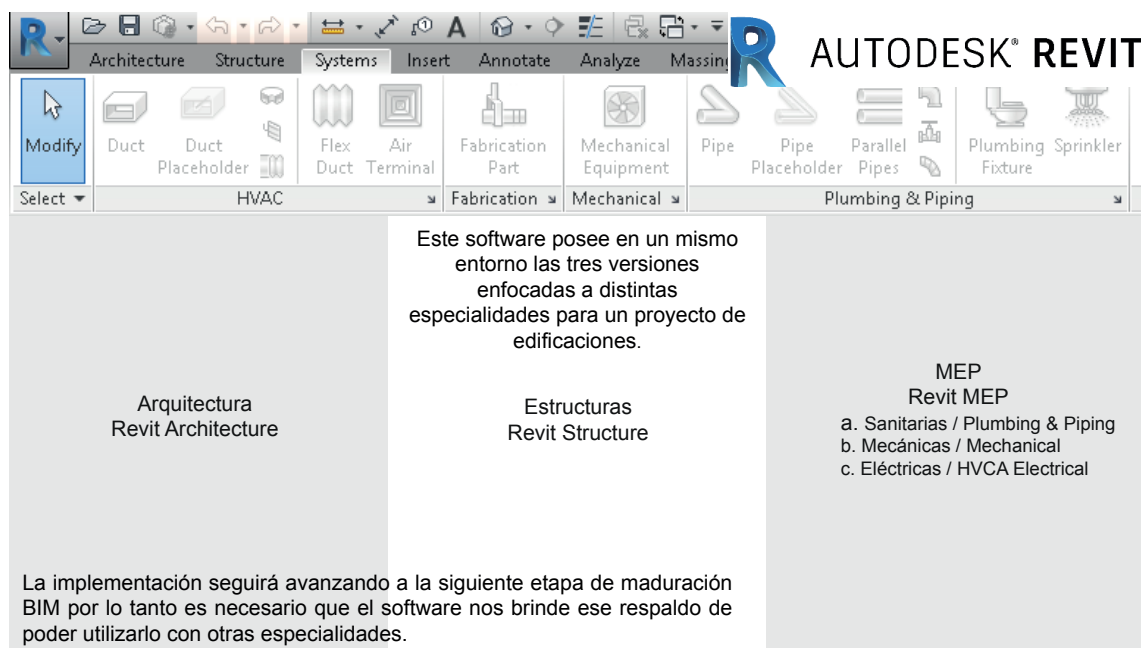


Figura 27: Software BIM I.

Fuente: Recuperado del software Autodesk Revit.



Nos permite hacer una transición gradual, pues se sigue manejando un mismo entorno parecido al Autodesk AutoCAD, el software tiene una preferencia en su uso a nivel global y local por los profesionales dedicados al diseño, además existe basta información en la red respecto a las prestaciones o desarrollo de pluggins que pueden mejorar aún más la productividad,

El software se utilizó tanto para la producción de planos como para la producción de metrados porque se integra la información a un modelo 3D BIM de elementos paramétricos que gestiona incluso hasta los metrados, los cuales son información de la geometría del proyecto.

#### ***b. Hardware***

Con respecto a las exigencias de hardware se usó computadoras PC y portátiles con características técnicas de buena capacidad de almacenamiento, procesadores potentes y tarjetas de video dedicada, de acuerdo con la magnitud del proyecto, un modelo 3D BIM consume más recurso gráficos en comparación con un dibujo CAD.

También se necesitó preparar un espacio con una pantalla para las reuniones de coordinación donde se visualizó el trabajo realizado.

#### **2.2.8.2.3 Estandarización de planos y metrados con de la implementación**

Ya que se integra toda la información a un modelo 3D BIM de elementos paramétricos que gestiona incluso los metrados, los cuales son en realidad la información de la geometría, se maneja una estandarización para la producción de planos y para la producción de metrados.

Se maneja una estandarización dinámica, es decir que cualquier modificación geométrica o de información en el modelo 3D se actualizará automáticamente en las diferentes vistas, secciones o cuadros. Considerándose este criterio también para los formatos de presentación, familias BIM, etiquetas y anotaciones.

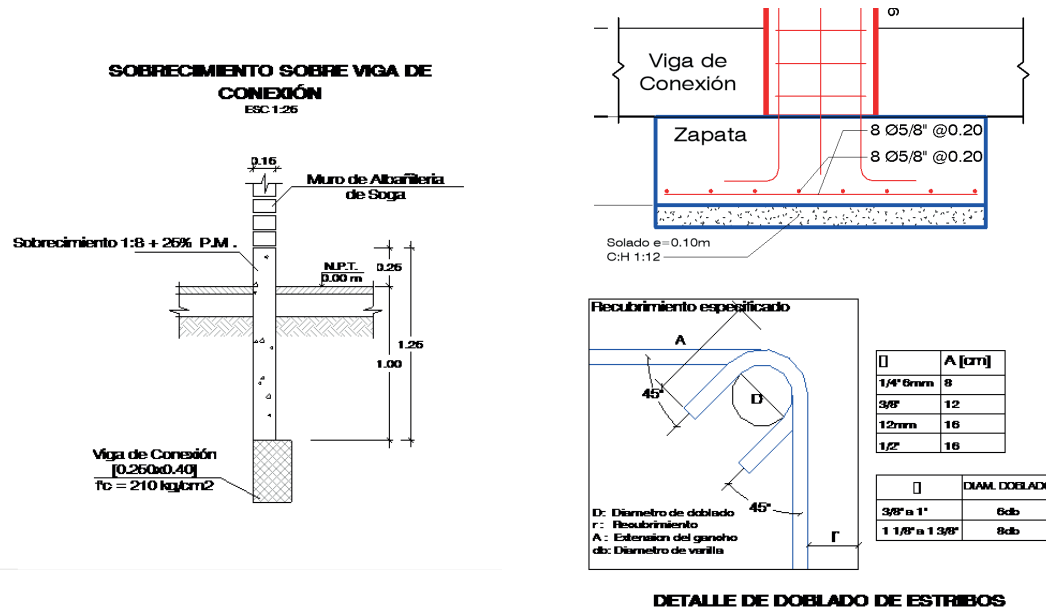
Este formato posee las siguientes características:

**a. Estandarización de planos y metrados dinámicos**

**a.1. Nivel de detalle**

A tratarse de un modelo 3D, representar mayores detalles significa una inversión de tiempo, por lo tanto no todos los detalles que no requieren ser modelados en el modelo 3D.

Estos se pueden seguir almacenando en archivos CAD, pero al cuando sean requeridos son insertados al modelo haciendo uso de Drafting Views.



A tratarse de un modelo 3D, representar mayores detalles significa una inversión de tiempo, por lo tanto existen detalles que no requieren de ser modelados a un nivel alto o muy detallados en el modelo 3D.

Estos se pueden seguir almacenando en archivos CAD, pero al momento que sean requeridos son insertados al modelo haciendo uso de Drafting Views.

Figura 28: Nivel de Detalle BIM I.

Fuente: Recuperado del software Autodesk Revit.

**a.2. Diccionario de datos de Familias y Librería por especialidades**

El orden juega un factor importante dentro del proceso de creación del modelo. Al tratarse de información que será utilizada por varias profesionales involucrados, es necesario que se genere, manteniéndose organizada.

Desde la notación de un archivo de una familia, debe renombrarse primeramente usando la notación "ES" correspondiente a la especialidad en la que estamos trabajando, seguido del nombre del elemento, debe tener a priori una idea de lo que representa y finalmente alguna característica que necesite ser aclarada para que faciliten su identificación.

	ES_Columna Estructural L.rfa	Familia de Autode...	332 KB
	ES_Columna Estructural Rectangular.rfa	Familia de Autode...	500 KB
	ES_Espacios tags con área y acabados.rfa	Familia de Autode...	260 KB
	ES_Etiqueta Espacios con área y acabados.rfa	Familia de Autode...	244 KB
	ES_Etiqueta Refuerzo Acero.rfa	Familia de Autode...	280 KB
	ES_Etiqueta Zapatas Aisladas.rfa	Familia de Autode...	276 KB

### ES\_Familias BIM

Al tratarse de información que será utilizada por varias profesionales involucrados, es necesario que se genere manteniéndose organizada. Todas la familias BIM se almacenan en un carpeta.

### ES\_Columna Estructural\_L.rfa

la notación ES corresponde a la especialidad que pertenece.

seguido del nombre del elemento (máx 32 caracteres,obviando palabras con tildes o ñ), debe tener a priori una idea de lo que representa.

finalmente alguna otra características que necesite ser aclarada, por ejemplo diferenciar entre una columna rectangular a una en L.

\* Para separar entre una u otra notación se usa un guión bajo "\_".

Fuente: Recuperado del software Autodesk Revit.

A medida que avanza en el proyecto, cada vez mayor la cantidad de datos que se manejan y si estamos trabajando con un modelo 3D BIM se cuenta con una amplia base de archivos por lo tanto es indispensable organizar los modelos de una manera separada entre una u otra especialidad.

Por eso para mejor organización se creó una Librería por especialidades, donde se maneja una misma organización por carpetas para todas las especialidades.

Se maneja notación cortas tanto de carpetas como de archivos:

- ES\_ especialidad estructuras
- AR\_ especialidad arquitectura
- MEP\_ especialidad instalaciones MEP

MD\_memoría de cálculo

PL\_ planos

ME\_ metrados

ET\_ especificaciones técnicas

MC\_memoría de cálculo

- ES\_Familias BIM
- ES\_Detalles Drafting Views
- ES\_I.E Huancascca.rvt
- ES\_ME\_I.E Huancascca.xlsx
- ES\_MC\_I.E Huancascca.xlsx
- ES\_MD\_I.E Huancascca.doc
- ES\_MC\_I.E Huancascca.doc
- ES\_ET\_I.E Huancascca.doc
- ES\_PL\_Gral\_I.E. Huancascca.dwg
- ES\_PL\_Estructuración\_I.E. Huancascca.dwg

Se cuenta con una amplia base de archivos por lo tanto es indispensable organizar los modelos de manera separada respecto a una u otra especialidad.

**b. Estructuras BIM**

Figura 30: Librería por especialidades BIM I.  
Fuente: Recuperado del software Autodesk Revit.

### a.3 Familias BIM

Al tratarse de un modelo 3D BIM, el modelo 3D se conforma por Familias BIM, mientras que un dibujo CAD se conforma por capas CAD.

Todo elemento que forma el modelo 3D es paramétrico, el cual contiene información de la geometría, propiedad de materialidad, cantidades, propiedades particulares, costos o algún tipo de característica que se desea incluir sino también información de presentación o visualización:

Ya que previamente a la implementación se tenía bien estandarizada el formato de estandarización de las láminas de presentación y cuadros de metrados, se replicó el mismo formato, configurando la información de presentación de las Familias BIM respetando los grosos, tipos de línea, tipografía y tamaños de letra, con la única diferencia que estos formatos de láminas de presentación también son dinámicos, así como el etiquetado, acotado y otras funciones que trabajan con un modelo 3D BIM.

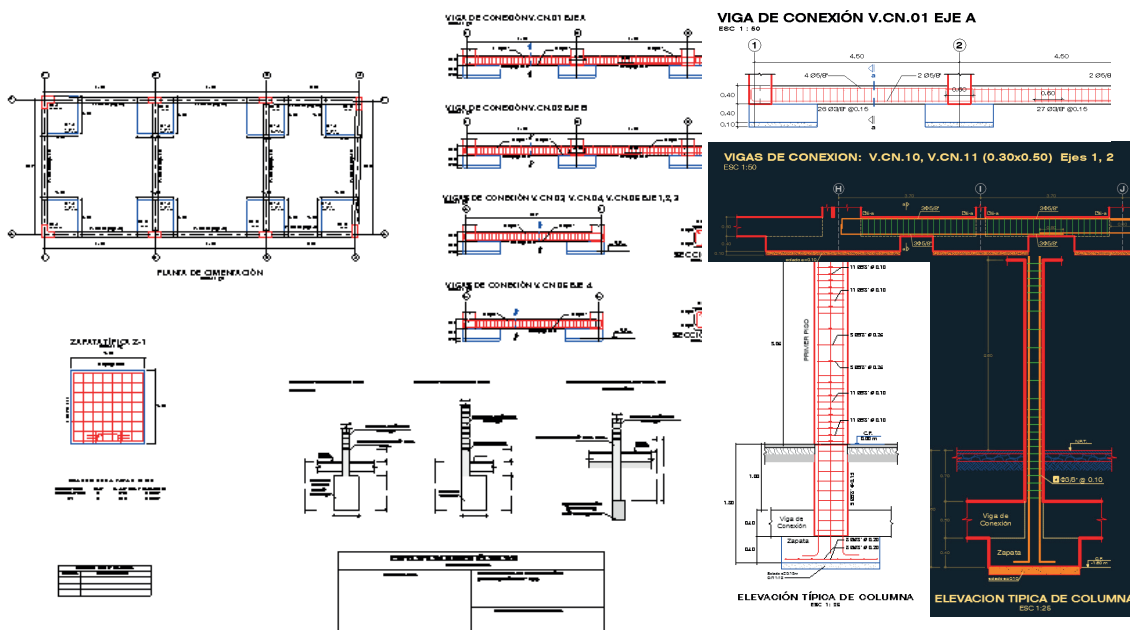


Figura 31: Familias BIM I.

Fuente: Recuperado del software Autodesk Revit.

### a.4. Archivos de almacenamiento e intercambio

El modelo 3D BIM almacena y gestiona toda la información del proyecto en un tipo de archivo (\*.rvt), tipo de archivo nativo del software Autodesk Revit sin embargo para comunicación e intercambio de información con otras plataformas BIM se usa el tipo de archivo (\*.ifc) tanto para la importación y exportación.

Debido a las exigencias que la presentación de los planos de estructuras en formato físico y digital en tipo de archivo (\*.dwg) y la presentación de los metrados en formato físico y digital en tipo de archivo (\*.xlsx).

El modelo 3D nos permite exportarlos a este tipo de archivos tanto los planos estructurales como los metrados.

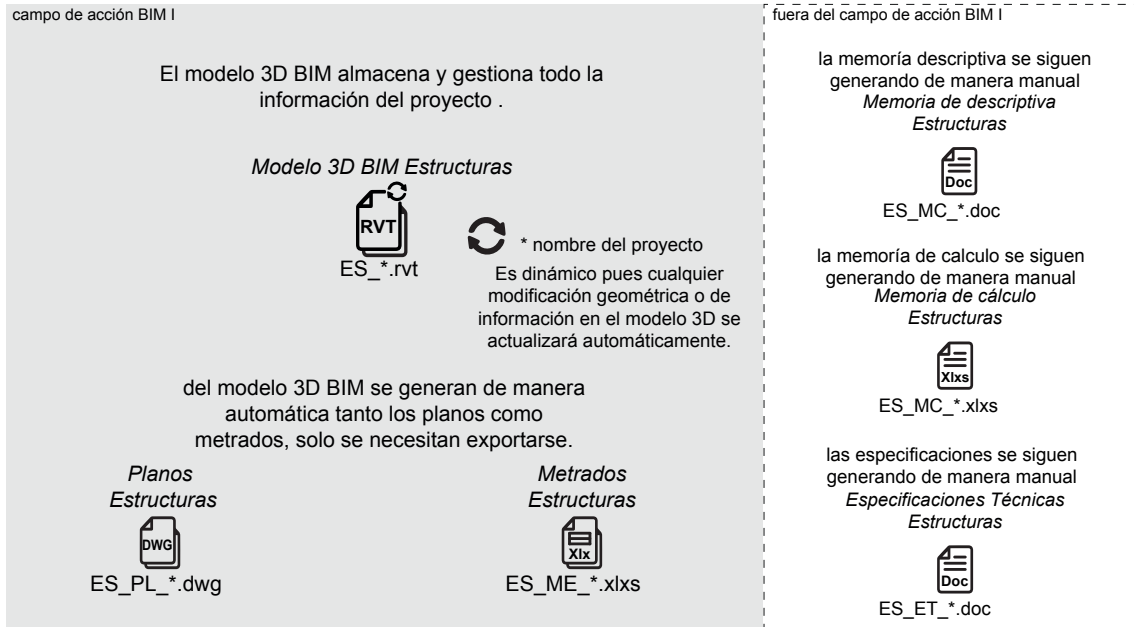


Figura 32: Archivos de almacenamiento e intercambio BIM I.

Fuente: Recuperado del software Autodesk Revit.

	<b>Mét. Tradicionales</b>	<b>BIM I</b>
<b>Repositorio de información</b>	<p><i>Plantilla de Dibujo</i></p> <p> *.dwg</p> <p><i>Detalles típicos</i></p> <p> *.dwg</p>	<p><i>Familias BIM</i></p> <p> ES_*.rfa</p> <p><i>Detalles Drafting Views</i></p> <p> *.dwg</p>
<b>Almacenamiento e intercambio</b>	<p><i>Dibujo CAD Estructuras</i></p> <p> *.dwg</p>	<p><i>Modelo 3D BIM Estructuras</i></p> <p> ES_*_v.**.rvt o ES_*.ifc</p> <p>* el nombre del proyecto ** la versión software del modelo ES_I.E. Huancascca_v.2017.0.rvt</p>
<b>Entregables (PL, ME)</b>	<p><i>Planos Estructuras</i></p> <p> PL_*.dwg</p> <p><i>Metrados Estructuras</i></p> <p> *.xlsx</p>	<p><i>Planos Estructuras</i></p> <p> ES_PL_*.dwg</p> <p><i>Metrados Estructuras</i></p> <p> ES_ME_*.xlsx</p>

Figura 33: Tipos de archivos Mét. Tradicionales vs BIM I.

Fuente: Recuperado del software Autodesk Revit.

### **3. Capítulo III: Metodología**

#### **3.1. Metodología de la Investigación**

##### **3.1.1 Tipo de investigación**

Hernández Sampieri , Fernández Collado, & Baptista Lucio (2014) sostiene que las investigaciones con enfoque cuantitativo usan la recolección de datos para probar hipótesis, con base a la medición numérica y el análisis estadístico, la presente investigación es del TIPO CUANTITATIVA, debido a que los datos obtenidos se midieron y analizaron, teniendo como resultado, métricas de rendimientos (datos numéricos).

##### **3.1.2 Nivel de investigación**

Hernández Sampieri et al. (2014) sostiene que los estudios de alcance descriptivo pretenden medir o recoger información sobre las variables, más no indicar cómo se relacionan, la presente investigación es de nivel DESCRIPTIVO, debido a que pretende medir rendimientos tanto en la producción de planos como metrados.

##### **3.1.3 Método de investigación**

La investigación es de TIPO HIPOTÉTICA DEDUCTIVA pues a través de hipótesis, cuya verdad o falsedad se desconoce inicialmente. Durante la investigación se intentará corroborar o refutar, usando una lógica deductiva ea partir de procesos sistematizados y ordenados de la ingeniería civil.

#### **3.2. Diseño de la investigación**

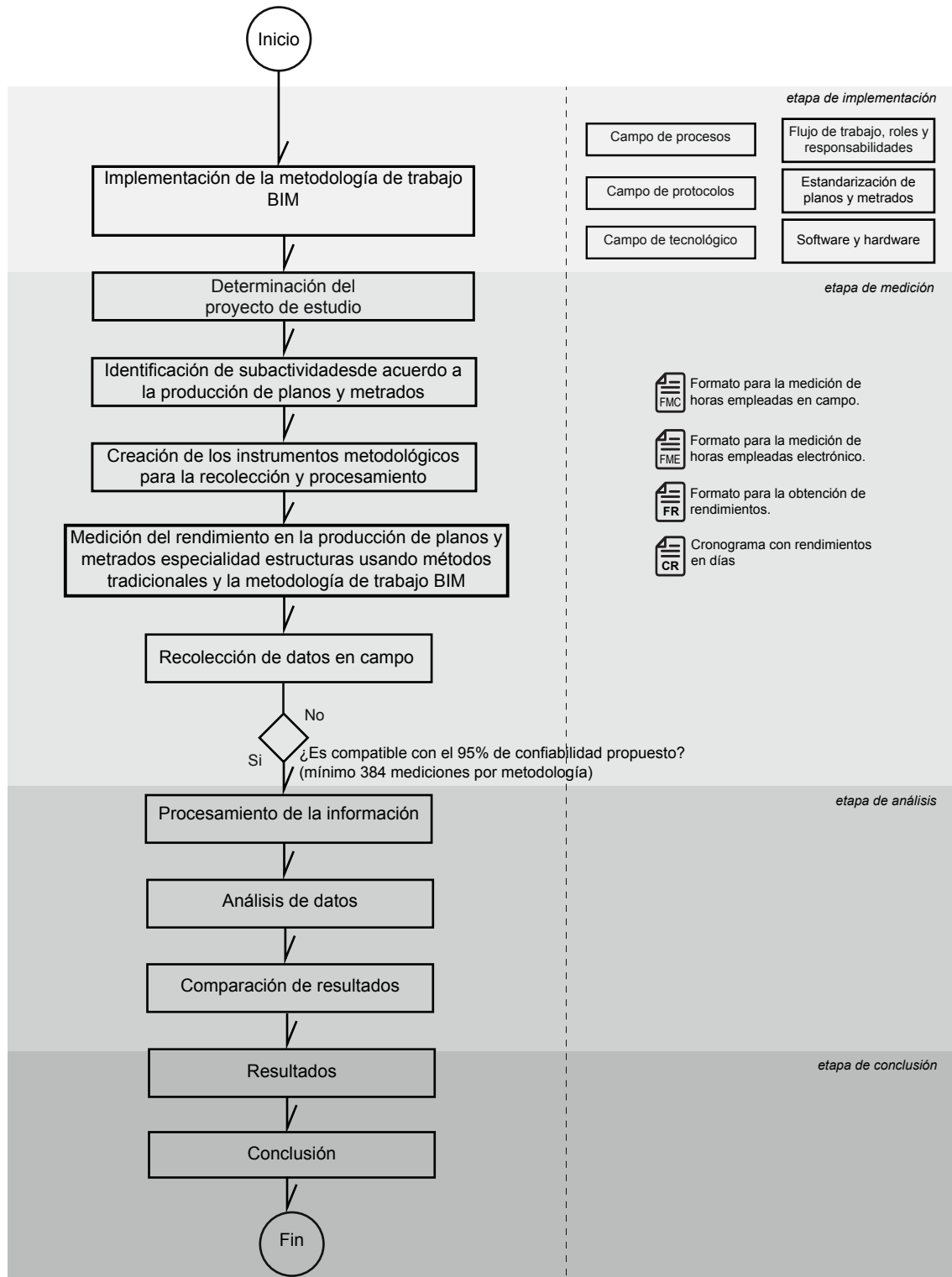
##### **3.2.1 Diseño metodológico**

Hernández Sampieri et al. (2014) sostiene que las investigaciones no experimentales no manipulan ninguna de las variables, las cuales se observan tal como se han dado en su contexto natural, la investigación es NO EXPERIMENTAL, debido a que las variables no se manipularon, se analizó la realidad tal y como se presentaba en el contexto de la empresa IMTEK.

##### **3.2.1.1 Tipo de diseño de la Investigación**

Hernández Sampieri et al. (2014) en referencia Liu (2008) y Tucker (2004) sostienen que los diseños de investigación transversal recolectan los datos en una sola unidad de tiempo, la investigación es TRANSVERSAL, debido que se recopiló en un tiempo único con el propósito de describir la variable.

### 3.2.2 Diseño de ingeniería



\*Durante todas las fases se realizarán:

- Registro fotográfico.
- Capturas de pantalla.

Figura 34: Flujo de ingeniería

Fuente: Elaboración propia.



### 3.3. Población y muestra

#### 3.3.1 Población

##### 3.3.1.1 Descripción de la población

En la investigación la población está conformada por los rendimientos en la producción de planos y metrados de la especialidad de estructuras de proyectos de edificaciones de la empresa IMTEK en el proyecto de Edificaciones de Infraestructura Educativa “Mejoramiento de los Servicios Educativos de la I.E. N° 50677 - Nivel Primario Huancascca”.

##### 3.3.1.2 Cuantificación de la población

Para la investigación se tiene la cuantificación de 1166 rendimientos.

#### 3.3.2 Muestra

##### 3.3.2.1 Descripción de la muestra

La muestra será del tipo NO PROBABILÍSTICO E INTENCIONAL.

##### 3.3.2.2 Cuantificación de la muestra

Para la investigación se tiene la siguiente cuantificación:

Tabla 8: Cuantificación de muestra.

<i>Métodos tradicionales</i>			<i>Metodología de trabajo BIM</i>		
<i>Bloques</i>			<i>Bloques</i>		
<i>Bloque A</i>	<i>Bloque B</i>	<i>Bloque C</i>	<i>Bloque A</i>	<i>Bloque B</i>	<i>Bloque C</i>
365	280	94	216	153	58
739			427		
1166.					

Fuente: Elaboración propia.

##### 3.3.2.3 Método de muestreo

El método del muestreo es NO PROBABILÍSTICO O DIRIGIDO, porque se eligió por el interés del investigador en un solo proyecto con el fin de analizar extensamente durante el desarrollo del proyecto las métricas en los diferentes bloques, usando una u otra metodología de trabajo.





#### 3.3.2.4 Criterios de evaluación de muestra

Para la recolección de los datos, la medición de las horas empleadas en campo se realizó en intervalos de 10min. Teniendo un consolidado de rendimientos diarios y semanales de según las actividades separadas en la producción de planos y metrados usando métodos tradicionales y la metodología de trabajo BIM.

#### 3.3.3 Criterios de inclusión

- Se realizó la obtención de métricas del rendimiento en el proyecto de edificación de Infraestructura Educativa usando métodos tradicionales y la metodología de trabajo BIM.

- En el desarrollo de la investigación se utilizó el software Autodesk AutoCAD versión 2017 para producción de planos y el software Microsoft Excel versión 2013 para la producción de metrados usando los métodos tradicionales.

- En el desarrollo de la investigación se utilizó el software Autodesk Revit versión 2017 para la generación del modelo, producción de planos y metrados usando la metodología de trabajo BIM.

- Los profesionales involucrados son 1 ingeniero y 1 cadista/modelador.

- La jornada laboral estuvo comprendida de 8 horas de trabajo por día, 6 días a la semana de lunes a viernes, afectadas por feriados.

- La jornada laboral diaria estuvo compuesta por 2 turnos, el turno mañana con 4 horas de trabajo y el turno tarde con 4 horas.

- No se incluyó en la jornada laboral el tiempo consumido para el almuerzo, sin embargo si se consideró el tiempo consumido en coffee break matutino y coffee break vespertino, así como tiempo consumido en servicios higiénicos.

- El proceso de medición de horas empleadas se realizó hasta terminar la producción de planos y metrados.

### 3.4. Instrumentos

#### 3.4.1 Instrumentos metodológicos

Dentro de los instrumentos que se utilizaron en la presente investigación, se tienen los formatos para la recolección de datos que son los siguientes:

- a. *Formato para la medición de horas empleadas en campo*
- b. *Formato para la medición de horas empleadas electrónico*

Con los formatos presentados a continuación, y los datos medidos previamente se realizó el procesamiento para obtener los rendimientos:

- c. *Formato para la obtención de rendimientos .*
- d. *Cronograma de rendimiento por días.*

Se llenó primeramente usando métodos tradicionales y luego usando la metodología de trabajo BIM.

Tabla 9: Instrumentos metodológicos.

<i>Variable</i>	<i>Instrumento Metodológico</i>	<i>Ident.</i>	<i>Formatos</i>	<i>Utilidad</i>
Rendimiento	Observación cuantitativa.	FMC	Formato para la medición de horas empleadas en campo	Medición de horas empleadas
		FME	Formato para la medición de horas empleadas electrónico	
		FR	Formato para la obtención de rendimientos	Obtención de rendimientos.
		CR	Cronograma de rendimientos por días	

Fuente: Elaboración propia.

#### ***a. Formato para la medición de horas empleadas en campo***

Con el formato presentado a continuación, se realizará la recolección de datos de las métricas de horas empleadas en campo obtenidas en la producción de planos y metrados.

Tabla 10: Formato de medición de horas empleadas en campo.

[ UAC ] Universidad Andina del Cusco  
 Facultad de Ingeniería y Arquitectura  
 Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**FMC - Formato para la medición de horas empleadas en campo**

Tesis: Análisis comparativo del rendimiento en la producción de planos y metrados especialidad estructuras usando métodos tradicionales y la metodología de trabajo BIM en la empresa IMTEK.

Tesista: Juan Rojas Sacatuma

Proyecto de edificación: Mejoramiento de los Servicios Educativos de la I.E. N° 50677 - Nivel Primario Huancascca"

Bloque del proyecto:

Metodología: Métodos tradicionales  BIM

Fecha:

El presente formato corresponde a un instrumento metodológico de observación cuantitativa que nos permitire recolectar los datos de la medición de rendimientos en la producción de planos y metrados. Los fines de la investigación son netamente académicos.

El llenado de este formato se realiza anotando el bloque del proyecto despues marcando con una "X" la metodología empleada para la producción, seguidamente se anota la actividad que se esta desarrollando, luego dependiendo del turno en que se realiza la actividad se anota el número de profesionales involucrados, se cronometra el tiempo de la realización de la actividad, para posteriormente una vez culminada se anota el número de horas empleadas para su realización.

	<i>Turno mañana</i>		<i>Turno tarde</i>	
Actividad				
	Ingeniero	Cadista / Modelador	Ingeniero	Cadista / Modelador
profesionales involucradas [und] h *				
horas empleadas [h]**				

Actividad				
	Ingeniero	Cadista / Modelador	Ingeniero	Cadista / Modelador
profesionales involucradas [und] h *				
horas empleadas [h]**				

Actividad				
	Ingeniero	Cadista / Modelador	Ingeniero	Cadista / Modelador
profesionales involucradas [und] h *				
horas empleadas [h]**				

Actividad				
	Ingeniero	Cadista / Modelador	Ingeniero	Cadista / Modelador
profesionales involucradas [und] h *				
horas empleadas [h]**				

Actividad				
	Ingeniero	Cadista / Modelador	Ingeniero	Cadista / Modelador
profesionales involucradas [und] h *				
horas empleadas [h]**				

\* se anota el número de profesionales involucrados, en unidades que corresponde a unidades hombre, ejemplo: 1 h en la catego  
 \*\*se anota el número de horas empleadas en la actividad, en unidades horas y minutos, ejemplo: 3h 37min

Fuente: Elaboración propia

**b. Formato para la medición de horas empleadas electrónico**

Con el formato presentado a continuación, se realizará la recopilación electrónica de las métricas de horas empleadas en la producción de planos y metrados.

Tabla 11: Formato de medición de rendimientos electrónico.

[ UAC ] Universidad Andina del Cusco  
 Facultad de Ingeniería y Arquitectura  
 Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**FME - Formato para la medición de horas empleadas electrónico**

Tesis: Análisis comparativo del rendimiento en la producción de planos y metrados especialidad estructuras usando métodos tradicionales y la metodología de trabajo BIM en la empresa IMTEK.

Tesista: Juan Rojas Sacatuma

Proyecto de edificación: Mejoramiento de los Servicios Educativos de la I.E. N° 50677 - Nivel Primario Huancascca"

Bloque del proyecto:

Metodología: Métodos tradicionales  BIM

El presente formato nos permite recopilar electrónicamente los datos para obtener los rendimientos. El llenado de este formato se realiza anotando el bloque del proyecto despues marcando con una "X" la metodología empleada para la producción, seguidamente se anota la actividad y el código que se esta desarrollando, anotando la actividad y el código que se esta desarrollando, luego anota el número de profesionales involucrados y se anota el número de horas empleadas para su realización y el área techada correspondiente.

Subactividades:

Código	Día 1*	Día 2	Día 3
***	dd/mm/aa**	dd/mm/aa	dd/mm/aa
Ingeniero			
Cadista / Modelador	****		
	*****		
Área techada	0.000 ***** m2	0.000 m2	0.000 m2

- \* se anota el día (Día 1) de la producción de la actividad , ejemplo: Miércoles
- \*\*se anota el día (dd) mes (mm) y año (aa) respecto a la actividad y la fecha correspondiente, ejemplo: 02/12/2015
- \*\*\* se anota el código correspondiente a la actividad para mantener un orden y control, ejemplo: P1-A
- \*\*\*\* se anota el número de profesionales involucrados, en unidades que corresponde a unidades hombre, ejemplo: 1 h en la categoría Cadi:
- \*\*\*\*\* se anota el número de horas empleadas en la actividad, en unidades horas con decimales, ejemplo: 3.62 h
- \*\*\*\*\* se anota el área techada correspondiente a la actividad, en unidades m2, ejemplo: 162m2

Fuente: Elaboración propia

**c. Formato para la obtención de rendimientos**

Con el formato presentado a continuación, se realizará el procesamiento para obtener los rendimientos en la producción de planos y metrados.

Tabla 12: Formato para la obtención de rendimientos.

[ UAC ] Universidad Andina del Cusco  
Facultad de Ingeniería y Arquitectura  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**FR - Formato para la obtención de rendimientos**

Tesis: Análisis comparativo del rendimiento en la producción de planos y metrados especialidad estructuras usando métodos tradicionales y la metodología de trabajo BIM en la empresa IMTEK.

Tesista: Juan Rojas Sacatuma

Proyecto de edificación: Mejoramiento de los Servicios Educativos de la I.E. N° 50677 - Nivel Primario Huancascca"

Bloque del proyecto:

Metodología: Métodos tradicionales  BIM

El presente formato nos permite analizar los datos para obtener los rendimientos. El llenado de este formato se realiza anotando el bloque del proyecto después marcando con una "X" la metodología empleada para la producción, seguidamente se anota la actividad y el código que se está desarrollando, anotando la actividad y el código que se está desarrollando, luego anota el número de profesionales involucrados y se anota el número de horas empleadas para su realización y el área techada correspondiente.

Subactividades:

Código	Día 1*	Día 2	Día 3
***	dd/mm/aa**	dd/mm/aa	dd/mm/aa
Ingeniero			
Cadista / Modelador			
Área techada	0.000 *** m2	0.000 m2	0.000 m2
Rend. Ingeniero	0.000 hh/ m2	0.000 hh/ m2	0.000 hh/ m2
Rend. Cadista / Modelador	0.000 hh/ m2	0.000 hh/ m2	0.000 hh/ m2
Rendimiento	0.000 hh/ m2	0.000 hh/ m2	0.000 hh/ m2

\* se anota el día (Día 1) de la producción de la actividad , ejemplo: Miércoles

\*\*se anota el día (dd) mes (mm) y año (aa) respecto a la actividad y la fecha correspondiente, ejemplo: 02/12/2015

\*\*\* se anota el código correspondiente a la actividad para mantener un orden y control, ejemplo: P1-A

\*\*\*\* se anota el número de profesionales involucrados, en unidades que corresponde a unidades hombre, ejemplo: 1 h en la categoría Cadi

\*\*\*\*\* se anota el número de horas empleadas en la actividad, en unidades horas con decimales, ejemplo: 3.62 h

\*\*\*\*\* se anota el área techada correspondiente a la actividad, en unidades m2, ejemplo: 162m2

Fuente: Elaboración propia

**d. Cronograma de rendimiento por días**

En el formato a continuación se registrarán los rendimientos en un cronograma por días.

Tabla 13: Cronograma de rendimientos por días

[ UAC ] Universidad Andina del Cusco  
 Facultad de Ingeniería y Arquitectura  
 Escuela Profesional de Ingeniería Civil

**CR- Cronograma con rendimientos en días**

Tesis: Análisis comparativo del rendimiento en la producción de planos y metrados especialidad estructuras usando métodos tradicionales y la metodología de trabajo BIM en la empresa IMTEK.  
 Proyecto de edificación: Mejoramiento de los Servicios Educativos de la I.E. N° 50677 - Nivel Primario Huancascca"  
 Metodología: Métodos tradicionales  BIM   
 Tesista: Juan Rojas Sacatuma  
 Fecha de inicio:

El presente formato nos permite recopilar los rendimientos obtenidos respecto a la actividad y fecha de la producción. El llenado de este formato se realiza primeramente marcando con una "X" la metodología empleada para la producción, posteriormente se anota la fecha de inicio de la toma de los datos. Y finalmente se anota el rendimiento en unidades horas hombre por área techada respecto a la actividad y la fecha correspondiente.

Cód	Producción	Actividades	Subactividades	Semana 1							
				Día 1*	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	
				dd/mm/aa**	dd/mm/aa	dd/mm/aa	dd/mm/aa	dd/mm/aa	dd/mm/aa	dd/mm/aa	
***	Planos	Cimentaciones	Dibujo	****							
			Ensamblado								
			Revisión y corrección								
		Columnas	Dibujo								
			Ensamblado								
			Revisión y corrección								
		Losas	Dibujo								
			Ensamblado								
			Revisión y corrección								
		Vigas	Dibujo								
			Ensamblado								
			Revisión y corrección								
		Escaleras	Dibujo								
			Ensamblado								
			Revisión y corrección								
		Tabiques	Dibujo								
			Ensamblado								
			Revisión y corrección								
		Metrados	Cimentaciones								
			Columnas								
			Losas								
Vigas											
Escaleras											
Tabiques											
Revisión y corrección											

\* se anota el día (Día 1) de la producción de la actividad , ejemplo: Miércoles  
 \*\*se anota el día (dd) mes (mm) y año (aa) respecto a la actividad y la fecha correspondiente, ejemplo: 02/12/2015  
 \*\*\* se anota el código correspondiente a la actividad para mantener un orden y control, ejemplo: P1-A  
 \*\*\*\* se anota el rendimiento obtenido correspondiente a la actividad, en unidades horas hombre por área techada. ejemplo: 0.014 h

Fuente: Elaboración propia



### **3.4.2 Instrumentos de ingeniería**

#### **3.4.2.1 Guías**

- Documentos para la Construcción (Expediente Técnico-especialidad arquitectura),
- Normas técnicas para el diseño de locales de educación básica regular Primaria - Secundaria, oficina de infraestructura educativa - Ministerio de Educación.

#### **3.4.2.2 Instrumentos para la recolección de datos**

Como instrumentos, también se consideran los textos, programas de ayuda que servirán para poder evaluar la información obtenida en campo, como son:

Microsoft Excel, Autodesk AutoCAD, Autodesk Revit,

#### **3.4.2.3 Instrumento para el análisis de datos**

- Metodología para el análisis de rendimientos de Design productivity, McGeorge, J

### 3.5. Procedimientos de recolección de datos

#### 3.5.1 Recolección de datos de rendimientos

##### 3.5.1.1 Equipos utilizados

Para la recolección de datos, se usaron:

- Cronómetro para la medición de las horas empleadas en la actividad
- Computadora para la recopilación electrónica de las métricas y para procesar las capturas pantalla de la recolección de datos
- Cámara fotográfica para tomar fotografías del proceso de recolección de datos.

##### 3.5.1.2 Procedimientos

Para la recolección de datos se realiza de acuerdo con la siguiente ficha:

###### ***Ficha de recolección por actividad***

Esta ficha esta de acuerdo con la metodología usada y el bloque en el cual se realizó las métricas, además se encuentra:

1. La actividad y su descripción.
2. El desglose de la actividad en subactividades.
3. Capturas de pantalla y/o fotografía de la actividad.

###### ***a. Medición de horas empleadas en campo***

Haciendo uso del *FMC Formato para la medición de horas empleadas en campo*, se realizó la recolección de datos de las métricas de horas empleadas en campo obtenidas en la producción de planos y metrados.

El llenado del formato se realiza de la siguiente manera:

1. Se marca cual es la metodología usada para la producción.
2. Se anota la fecha de la toma de los datos.
3. Se registra la subactividad que se encuentra realizando.
4. Se anota el número de profesionales involucrados en unidades hombre.

Ejemplo: 1h en la categoría Cadista.

5. Se anota el número de horas empleadas en la subactividad, en unidades horas y minutos. Ejemplo: 3h 37min.

6. Se anota el área techada correspondiente a la subactividad, en unidades de m<sup>2</sup>. Ejemplo: 162m<sup>2</sup>.



**b. Medición de horas empleadas electrónico**

Haciendo uso del *FME Formato para la medición de horas empleadas y metrados electrónico*, se realizó la recopilación electrónica de las métricas de horas empleadas y metrados en la producción de planos y metrados.

El llenado del formato se realiza de la siguiente manera:

1. Se marca cual es la metodología usada para la producción.
2. Se anota la fecha de la toma de datos.
3. Se registra la subactividad que se encuentra realizando.
4. Se anota el código correspondiente a la subactividad para mantener un orden y control, ejemplo: MT-P1A, de acuerdo con Tablas 5 o 6 según sea el caso.
5. Se anota el número de profesionales involucrados en unidades hombre. Ejemplo: 1h en la categoría Cadista.
6. Se anota el número de horas empleadas en la actividad, en unidades horas, debiéndose convertir las unidades de horas minutos obtenidas en la medición de campo a unidades horas decimales, usando la siguiente formula:

**Conversión de horas minutos a horas decimales**

$$Ho_h Mi_{min} = Ho_h + \frac{Mi_{min}}{60_{min}} = Hor_h$$

Donde:

*Ho* es el número de horas en unidades hora (h)

*Mi* es el número de minutos en unidades minutos (min)

*Hor* es el número de horas decimales en unidades hora (h)

Ejemplo: 3h 37min equivalente a 3.62h

7. Se anota el área techada correspondiente, en unidades de m<sup>2</sup>. Ejemplo: 162m<sup>2</sup>.

### 3.5.1.3 Toma de datos

#### 3.5.1.3.1 Medición de datos usando métodos tradicionales

Tabla 14: Ficha de recolección plano de cimentaciones MT - A

<b>Ficha de recolección de plano de cimentaciones MT - A</b>	
<p><b>Descripción:</b> Consiste en la producción de elementos estructurales de una edificación cuya misión es transmitir sus cargas o elementos apoyados en ella al suelo conocidas como cimentaciones.</p>	
<p><b>Metodología:</b> Métodos tradicionales</p>	
<p><b>Subactividades:</b></p>	
<p><b>Dibujo de planos de cimentación:</b> Comprende la planta de cimentación, las vigas conexión, el detalle de la disposición del acero, su estribaje, además de detallar los sobrecimientos y las especificaciones técnicas.</p>	
<p><b>Ensamblado de planos de cimentación:</b> Consiste en el acomodo en la lámina de presentación, además de la creación o modificación de cualquier detalle requerido para la presentación de lámina.</p>	
<p><b>Revisión y corrección de planos de cimentación:</b> Consiste en la revisión y corrección de diámetros de aceros erróneos, dibujos de secciones que no corresponden con cortes, u errores humanos que pueden generar incompatibilidad en los planos.</p>	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15: Recolección en dibujo de planos de cimentaciones MT - A

Código	Lunes		
MT-P1A	30/11/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.73 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	4.85 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16: Recolección en ensamblado de planos de cimentaciones MT - A

Código	Lunes		
MT-P2A	30/11/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	2.20 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17: Recolección en revisión y corrección de planos de cimentaciones MT - A

Código	Martes		
MT-P3A	01/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.87 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	2.75 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18: Ficha de recolección plano de columnas MT - A

<b>Ficha de recolección de plano de columnas MT - A</b>	
<p><b>Descripción:</b> Consiste en la producción de elementos estructurales que soportan cargas verticales (peso propio) como fuerzas horizontales (sismos y vientos), trabajan a flexo compresión como también en algunos casos a tracción (atirantadas) conocidas como columnas.</p>	
<p><b>Metodología:</b> Métodos tradicionales</p>	
<p><b>Subactividades:</b></p> <p><i>Dibujo de planos de columnas:</i> Comprende la elevación típica de la columna, el cuadro de columnas en secciones con el detallado de acero, detallado de estribos y ganchos, detalle de empalmes y especificaciones técnicas.</p> <p><i>Ensamblado de planos de columnas:</i> Consiste en el acomodo en la lámina de presentación, además de la creación o modificación de cualquier detalle requerido para la presentación de lámina.</p> <p><i>Revisión y corrección de planos de columnas:</i> Consiste en la revisión y corrección de diámetros de aceros erróneos, dibujos de secciones que no corresponden con cortes, u errores humanos que pueden generar incompatibilidad en los planos.</p>	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19: Recolección en dibujo de planos de columnas MT - A

Código	Martes		
MT-P4A	01/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.62 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	4.58 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20: Recolección en ensamblado de planos de columnas MT - A

Código	Miércoles		
MT-P5A	02/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	1.22 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 21: Recolección en revisión y corrección de planos de columnas MT - A

Código	Miércoles		
MT-P6A	02/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.68 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	1.88 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22: Ficha de recolección plano de vigas MT - A

<b>Ficha de recolección de plano de vigas MT - A</b>													
<b>Descripción:</b> Consiste en la producción de elementos estructurales horizontales, diseñadas para sostener cargas lineales, concentradas o uniformes conocidas como vigas.													
<b>Metodología:</b> Métodos tradicionales													
<b>Subactividades:</b>													
<b>Dibujo de planos de vigas:</b> Comprende las vigas, sus secciones y cortes, el detalle de la disposición del acero, detallado de estribos y espaciamiento, detalle de empalmes y especificaciones técnicas de vigas.	<table border="1" style="margin-top: 10px;"> <caption>CUADRO DE ESTRIBOS - VIGAS</caption> <thead> <tr> <th>TIPO</th> <th>Φ</th> <th>ESPACIAMIENTO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E-1</td> <td>3/8"</td> <td>1@0.05, 10@0.10, 1@0.15, r@0.10</td> </tr> <tr> <td>E-2</td> <td>3/8"</td> <td>1@0.05, 12@0.10, 1@0.15, r@0.10</td> </tr> <tr> <td>E-3</td> <td>3/8"</td> <td>1@0.05, r@0.10</td> </tr> </tbody> </table>	TIPO	Φ	ESPACIAMIENTO	E-1	3/8"	1@0.05, 10@0.10, 1@0.15, r@0.10	E-2	3/8"	1@0.05, 12@0.10, 1@0.15, r@0.10	E-3	3/8"	1@0.05, r@0.10
TIPO		Φ	ESPACIAMIENTO										
E-1		3/8"	1@0.05, 10@0.10, 1@0.15, r@0.10										
E-2	3/8"	1@0.05, 12@0.10, 1@0.15, r@0.10											
E-3	3/8"	1@0.05, r@0.10											
<b>Ensamblado de planos de vigas:</b> Consiste en el acomodo en la lámina de presentación, además de la creación o modificación de cualquier detalle requerido para la presentación de lámina.													
<b>Revisión y corrección de planos de vigas:</b> Consiste en la revisión y corrección de diámetros de aceros erróneos, dibujos de secciones que no corresponden con cortes, u errores humanos que pueden generar incompatibilidad en los planos.													

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 23: Recolección en dibujo de planos de vigas MT - A

Código	Miércoles		
MT-P7A	02/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.48 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	3.92 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 24: Recolección en ensamblado de planos de vigas MT - A

Código	Miércoles		
MT-P8A	02/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	1.60 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 25: Recolección en revisión y corrección de planos de vigas MT - A

Código	Jueves		
MT-P9A	03/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.62 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	2.07 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 26: Ficha de recolección plano de losas MT - A

<b>Ficha de recolección de plano de losas MT - A</b>	
<p><b>Descripción:</b> Consiste en la producción de elementos estructurales horizontales cuya dimensión en planta es más grande en comparación a su altura y donde las cargas son perpendiculares a su plano conocidas como losas.</p>	
<p><b>Metodología:</b> Métodos tradicionales</p>	
<p><b>Subactividades:</b></p> <p><i>Dibujo de planos de losas:</i> Comprende la planta de losas, vigas borde y secundarias, secciones típicas de aligerados y losas solidas detalles de empalmes y especificaciones técnicas de losas y sobrecargas usadas.</p> <p><i>Ensamblado de planos de losas:</i> Consiste en el acomodo en la lámina de presentación, además de la creación o modificación de cualquier detalle requerido para la presentación de lámina.</p> <p><i>Revisión y corrección de planos de losas:</i> Consiste en la revisión y corrección de diámetros de aceros erróneos, dibujos de secciones que no corresponden con cortes, u errores humanos que pueden generar incompatibilidad en los planos.</p>	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 27: Recolección en dibujo de planos de losas MT - A

Código	Jueves		
MT-P10A	03/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.28 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	2.23 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 28: Recolección en ensamblado de planos de losas MT - A

Código	Jueves		
MT-P11A	03/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	1.03 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 29: Recolección en revisión y corrección de planos de losas MT - A

Código	Viernes		
MT-P12A	04/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.43 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	1.38 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 30: Ficha de recolección plano de escaleras MT - A

<b>Ficha de recolección de plano de escaleras MT - A</b>	
<b>Descripción:</b> Consiste en la producción de elementos estructurales de comunicación entre los distintos niveles de una estructura conocidas como escaleras.	
<b>Metodología:</b> Métodos tradicionales	
<b>Subactividades:</b>	
<p><b>Dibujo de planos de escaleras:</b> Comprende el detalle de la escalera, de la disposición del acero, detallado de estribos y espaciado, detalle de empalmes y especificaciones técnicas de escaleras y sobrecarga usada.</p>	
<p><b>Ensamblado de planos de escaleras:</b> Consiste en el acomodo en la lámina de presentación, además de la creación o modificación de cualquier detalle requerido para la presentación de lámina.</p>	
<p><b>Revisión y corrección de planos de escaleras:</b> Consiste en la revisión y corrección de diámetros de aceros erróneos, dibujos de secciones que no corresponden con cortes, u errores humanos que pueden generar incompatibilidad en los planos.</p>	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 31: Recolección en dibujo de planos de escaleras MT - A

Código	Viernes		
MT-P13A	04/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.22 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	2.30 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 32: Recolección en ensamblado de plano de escaleras MT - A

Código	Viernes		
MT-P14A	04/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.80 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 33: Recolección en revisión y corrección de planos de escaleras MT - A

Código	Viernes		
MT-P15A	04/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.42 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.95 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 34: Ficha de recolección plano de tabiques MT - A

<b>Ficha de recolección de plano de tabiques MT - A</b>	
<b>Descripción:</b> Consiste en la producción de elementos delimitadores, no estructural conocidas como tabiques.	
<b>Metodología:</b> Métodos tradicionales	
<b>Subactividades:</b>	
<b>Dibujo de planos de tabiques:</b> Comprende la planta del plano de tabiques detalles tabiques de albañilería, encuentros en vigas y columnas, detalle de las unidades de albañilería, detalle de columnas y vigas de amarre, especificaciones técnicas.	
<b>Ensamblado de planos de tabiques:</b> Consiste en el acomodo en la lámina de presentación, además de la creación o modificación de cualquier detalle requerido para la presentación de lámina.	
<b>Revisión y corrección de planos de tabiques:</b> Consiste en la revisión y corrección de diámetros de aceros erróneos, dibujos de secciones que no corresponden con cortes, u errores humanos que pueden generar incompatibilidad en los planos.	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 35: Recolección en dibujo de plano de tabiques MT - A

Código	Sábado		
MT-P16A	05/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.27 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	1.82 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 36: Recolección en ensamblado de plano de tabiques MT - A

Código	Sábado		
MT-P17A	05/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.97 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 37: Recolección en revisión y corrección de plano de tabiques MT - A

Código	Sábado		
MT-P18A	05/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.23 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.68 h		

Fuente: Elaboración propia.



Tabla 38: Ficha de recolección metrados MT - A

<b>Ficha de recolección de metrados MT - A</b>	
<b>Descripción:</b> Finalizado la producción de planos llega el momento en el que debemos hacer el metrado de los elementos que se han diseñado conocido como metrados, comprende movimientos de tierra, excavaciones, concreto armado, encofrado, acero y curado. .	
<b>Metodología:</b> Métodos tradicionales	
<b>Subactividades:</b>	
Metrado de cimentaciones	
Metrado de columnas	
Metrado de losas	
Metrado de vigas.	
Metrado de escaleras.	
Metrado de tabiques.	
<b>Revisión y corrección de metrados:</b> Consiste en la revisión y corrección de errores humanos que pueden generar metrados no considerados o medidas equivocadas que puedan generar errores en cantidades, arrastrándose hasta en subtotales y totales.	

Partida N°	Descripción
01	ESTRUCTURAS
01.01	MOVIMIENTO DE TIERRAS
01.01.01	EXCAVACIONES MASIVA CON MAQUINARIA EN TERRENO N
	Area Planta
01.01.02	EXCAVACIONES MANUAL DE ZANJAS
	Zapatas, Eje 1
	Zapatas,entre Ejes 3 - 7
	Zapatas,entre Ejes 8 - 15
	Zapatas,entre Ejes 15 - 18
	Zapatas, Eje 20
	Viga de conexión V.CN.01, V.CN.02, V.CN.03, V.CN.01*, V.CN.0
	Viga de conexión V.CN.04, V.CN.04* (0.25x0.50), entre Ejes A, J
	Viga de conexión V.CN.05, V.CN.05* (0.25x0.50), entre Ejes D, I
	Viga de conexión V.CN.06, V.CN.06* (0.25x0.50), entre Ejes E, J
	Viga de conexión V.CN.07, V.CN.07* (0.25x0.50), entre Ejes E, I
	Viga de conexión V.CN.07b, V.CN.07b* (0.25x0.50), Eje 16
	Viga de conexión V.CN.08, V.CN.08* (0.25x0.50), entre Ejes E, I
	Viga de conexión V.CN.09, V.CN.09* (0.35x0.60), entre Ejes G, I
	Viga de conexión V.CN.10, V.CN.10* (0.25x0.50), entre Ejes G, I
	Viga de conexión V.CN.11, V.CN.11* (0.25x0.50), entre Ejes G, I
	Viga de conexión V.CN.12, V.CN.12* (0.25x0.50), entre Ejes H, I

Fuente: Elaboración propia

Tabla 39: Recolección en metrado de cimentaciones MT - A

Código	Sábado		
MT-M19A	05/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	3.73 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 40: Recolección en metrado de columnas MT - A

Código	Lunes		
MT-M20A	07/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	2.32 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 41: Recolección en metrado de losas MT - A

Código	Lunes		
MT-M21A	07/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	1.77 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 42: Recolección en metrado de vigas MT - A

Código	Lunes		
MT-M22A	07/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1		
	1.87 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 43: Recolección en metrado de escaleras MT - A

Código	Lunes		
MT-M23A	07/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.80 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 44: Recolección en metrado de tabiques MT - A

Código	Lunes		
MT-M24A	07/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.45 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 45: Recolección en revisión y corrección de metrados MT - A

Código	Martes		
MT-M25A	08/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	3.42 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	2.85 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 46: Ficha de recolección plano de cimentaciones MT - B

<b>Ficha de recolección de plano de cimentaciones MT - B</b>	
<b>Descripción:</b> Consiste en la producción de elementos estructurales de una edificación cuya misión es transmitir sus cargas o elementos apoyados en ella al suelo conocidas como cimentaciones.	
<b>Metodología:</b> Métodos tradicionales	
<b>Subactividades:</b>	
<b>Dibujo de planos de cimentación:</b> Comprende la planta de cimentación, las vigas conexión, el detalle de la disposición del acero, su estribaje, además de detallar los sobrecimientos y las especificaciones técnicas.	
<b>Ensamblado de planos de cimentación:</b> Consiste en el acomodo en la lámina de presentación, además de la creación o modificación de cualquier detalle requerido para la presentación de lámina.	
<b>Revisión y corrección de planos de cimentación:</b> Consiste en la revisión y corrección de diámetros de aceros erróneos, dibujos de secciones que no corresponden con cortes, u errores humanos que pueden generar incompatibilidad en los planos.	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 47: Recolección en dibujo de planos de cimentaciones MT - B

Código	Miércoles		
MT-P1B	09/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.62 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	3.90 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 48: Recolección en ensamblado de planos de cimentaciones MT - B

Código	Miércoles		
MT-P2B	09/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	1.83 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 49: Recolección en revisión y corrección de planos de cimentaciones MT - B

Código	Jueves		
MT-P3B	10/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.73 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	2.28 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 50: Ficha de recolección plano de columnas MT - B

<b>Ficha de recolección de plano de columnas MT - B</b>	
<p><b>Descripción:</b> Consiste en la producción de elementos estructurales que soportan cargas verticales (peso propio) como fuerzas horizontales (sismos y vientos), trabajan a flexo compresión como también en algunos casos a tracción (atirantadas) conocidas como columnas.</p>	
<p><b>Metodología:</b> Métodos tradicionales</p>	
<p><b>Subactividades:</b></p>	
<p><b>Dibujo de planos de columnas:</b> Comprende la elevación típica de la columna, el cuadro de columnas en secciones con el detallado de acero, detallado de estribos y ganchos, detalle de empalmes y especificaciones técnicas.</p>	
<p><b>Ensamblado de planos de columnas:</b> Consiste en el acomodo en la lámina de presentación, además de la creación o modificación de cualquier detalle requerido para la presentación de lámina.</p>	
<p><b>Revisión y corrección de planos de columnas:</b> Consiste en la revisión y corrección de diámetros de aceros erróneos, dibujos de secciones que no corresponden con cortes, u errores humanos que pueden generar incompatibilidad en los planos.</p>	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 51: Recolección en dibujo de planos de columnas MT - B

Código	Jueves		
MT-P4B	10/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.48 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	3.77 h		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 52: Recolección en ensamblado de planos de columnas MT - B

Código	Jueves		
MT-P5B	10/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.97 h		

Fuente: Elaboración propia

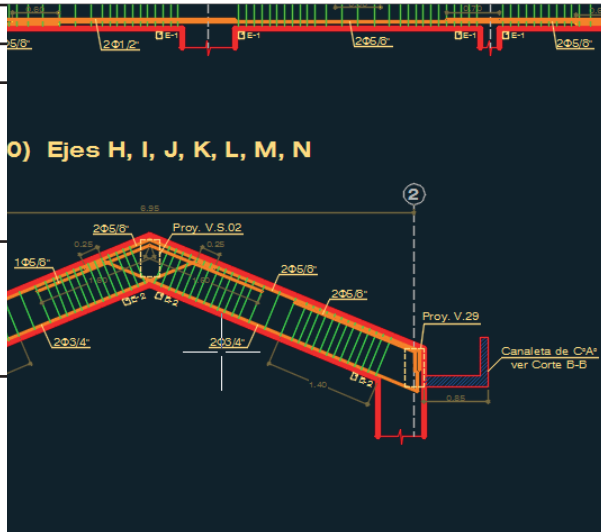
Tabla 53: Recolección en revisión y corrección de planos de columnas MT - B

Código	Viernes		
MT-P6B	11/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.47 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	1.68 h		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 54: Ficha de recolección plano de vigas MT - B

<b>Ficha de recolección de plano de vigas MT - B</b>	
<b>Descripción:</b> Consiste en la producción de elementos estructurales horizontales, diseñadas para sostener cargas lineales, concentradas o uniformes conocidas como vigas.	
<b>Metodología:</b> Métodos tradicionales	
<b>Subactividades:</b>	
<b>Dibujo de planos de vigas:</b> Comprende las vigas, sus secciones y cortes, el detalle de la disposición del acero, detallado de estribos y espaciamiento, detalle de empalmes y especificaciones técnicas de vigas.	
<b>Ensamblado de planos de vigas:</b> Consiste en el acomodo en la lámina de presentación, además de la creación o modificación de cualquier detalle requerido para la presentación de lámina.	
<b>Revisión y corrección de planos de vigas:</b> Consiste en la revisión y corrección de diámetros de aceros erróneos, dibujos de secciones que no corresponden con cortes, u errores humanos que pueden generar incompatibilidad en los planos.	



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 55: Recolección en dibujo de planos de vigas MT - B

Código	Viernes		
MT-P7B	11/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.35 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	3.57 h		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 56: Recolección en ensamblado de planos de vigas MT - B

Código	Viernes		
MT-P8B	11/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	1.23 h		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 57: Recolección en revisión y corrección de planos de vigas MT - B

Código	Sábado		
MT-P9B	12/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.57 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	1.95 h		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 58: Ficha de recolección plano de losas MT - B

<b>Ficha de recolección de plano de losas MT - B</b>	
<p><b>Descripción:</b> Consiste en la producción de elementos estructurales horizontales cuya dimensión en planta es más grande en comparación a su altura y donde las cargas son perpendiculares a su plano conocidas como losas.</p>	
<p><b>Metodología:</b> Métodos tradicionales</p>	
<p><b>Subactividades:</b></p> <p><i>Dibujo de planos de losas:</i> Comprende la planta de losas, vigas borde y secundarias, secciones típicas de aligerados y losas solidas detalles de empalmes y especificaciones técnicas de losas y sobrecargas usadas.</p> <p><i>Ensamblado de planos de losas:</i> Consiste en el acomodo en la lámina de presentación, además de la creación o modificación de cualquier detalle requerido para la presentación de lámina.</p> <p><i>Revisión y corrección de planos de losas:</i> Consiste en la revisión y corrección de diámetros de aceros erróneos, dibujos de secciones que no corresponden con cortes, u errores humanos que pueden generar incompatibilidad en los planos.</p>	
<p><b>V.B.01</b> 35x20</p> <p>3Φ1/2" 3Φ1/2"</p> <p>ESTRIBOS Φ1/4" 1@0.05 8@0.10 r@0.20</p> <p>Recubrimientos: Sup. e Inf.: 2.5 cm Costados: 3 cm</p>	<p><b>V.B.02</b> 25x15</p> <p>2Φ3/8" 2Φ3/8"</p> <p>ESTRIBOS Φ1/4" 1@0.05 8@0.10 r@0.20</p> <p>Recubrimientos: Sup. e Inf.: 2.5 cm Costados: 3 cm</p>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 59: Recolección en dibujo de planos de losas MT - B

Código	Sábado		
MT-P10B	12/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.20 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	1.67 h		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 60: Recolección en ensamblado de planos de losas MT - B

Código	Sábado		
MT-P11B	12/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.75 h		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 61: Recolección en revisión y corrección de planos de losas MT - B

Código	Sábado		
MT-P12B	12/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.33 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	1.07 h		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 62: Ficha de recolección plano de tabiques MT - B

<b>Ficha de recolección de plano de tabiques MT - B</b>	
<b>Descripción:</b> Consiste en la producción de elementos delimitadores, no estructural conocidas como tabiques.	
<b>Metodología:</b> Métodos tradicionales	
<b>Subactividades:</b>	
<p><b>Dibujo de planos de tabiques:</b> Comprende la planta del plano de tabiques detalles tabiques de albañilería, encuentros en vigas y columnas, detalle de las unidades de albañilería, detalle de columnas y vigas de amarre, especificaciones técnicas.</p>	
<p><b>Ensamblado de planos de tabiques:</b> Consiste en el acomodo en la lámina de presentación, además de la creación o modificación de cualquier detalle requerido para la presentación de lámina.</p>	
<p><b>Revisión y corrección de planos de tabiques:</b> Consiste en la revisión y corrección de diámetros de aceros erróneos, dibujos de secciones que no corresponden con cortes, u errores humanos que pueden generar incompatibilidad en los planos.</p>	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 63: Recolección en dibujo de plano de tabiques MT - B

Código	Lunes		
MT-P16B	14/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.20 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	1.43 h		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 64: Recolección en ensamblado de plano de tabiques MT - B

Código	Lunes		
MT-P17B	14/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.77 h		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 65: Recolección en revisión y corrección de plano de tabiques MT - B

Código	Lunes		
MT-P18B	14/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.15 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.53 h		

Fuente: Elaboración propia



Tabla 66: Ficha de recolección plano de tabiques MT - B

<b>Ficha de recolección de metrados MT - B</b>	
<b>Descripción:</b> Finalizado la producción de planos llega el momento en el que debemos hacer el metrado de los elementos que se han diseñado conocido como metrados, comprende movimientos de tierra, excavaciones, concreto armado, encofrado, acero y curado. .	
<b>Metodología:</b> Métodos tradicionales	
<b>Subactividades:</b>	
Metrado de cimentaciones	
Metrado de columnas	
Metrado de losas	
Metrado de vigas.	
Metrado de escaleras.	
Metrado de tabiques.	
<b>Revisión y corrección de metrados:</b> Consiste en la revisión y corrección de errores humanos que pueden generar metrados no considerados o medidas equivocadas que puedan generar errores en cantidades, arrastrándose hasta en subtotales y totales.	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 67: Recolección en metrado de cimentaciones MT - B

Código	Lunes		
MT-M19B	14/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	3.07 h		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 68: Recolección en metrado de columnas MT - B

Código	Martes		
MT-M20B	15/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	1.90 h		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 69: Recolección en metrado de losas MT - B

Código	Miércoles		
MT-M21B	16/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	1.43 h		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 70: Recolección en metrado de vigas MT - B

Código	Martes		
MT-M22B	15/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1		
	1.47 h		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 71: Recolección en metrado de tabiques MT - B

Código	Martes		
MT-M24B	15/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.35 h		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 72: Recolección en revisión y corrección de metrados MT - B

Código	Martes		
MT-M25B	15/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	2.75 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	2.17 h		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 73: Ficha de recolección plano de cimentaciones MT - C

<b>Ficha de recolección de plano de cimentaciones MT - C</b>	
<p><b>Descripción:</b> Consiste en la producción de elementos estructurales de una edificación cuya misión es transmitir sus cargas o elementos apoyados en ella al suelo conocidas como cimentaciones.</p>	
<p><b>Metodología:</b> Métodos tradicionales</p>	
<p><b>Subactividades:</b></p> <p><i>Dibujo de planos de cimentación:</i> Comprende la planta de cimentación, las vigas conexión, el detalle de la disposición del acero, su estribaje, además de detallar los sobrecimientos y las especificaciones técnicas.</p> <p><i>Ensamblado de planos de cimentación:</i> Consiste en el acomodo en la lámina de presentación, además de la creación o modificación de cualquier detalle requerido para la presentación de lámina.</p> <p><i>Revisión y corrección de planos de cimentación:</i> Consiste en la revisión y corrección de diámetros de aceros erróneos, dibujos de secciones que no corresponden con cortes, u errores humanos que pueden generar incompatibilidad en los planos.</p>	
<p style="text-align: center; font-size: small;">PLANTA DE CIMENTACION</p>	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 74: Recolección en dibujo de planos de cimentaciones MT - C

Código	Miércoles		
MT-P1C	16/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.13 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	1.47 h		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 75: Recolección en ensamblado de planos de cimentaciones MT - C

Código	Miercoles		
MT-P2C	16/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.65 h		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 76: Recolección en revisión y corrección de planos de cimentaciones MT - C

Código	Miercoles		
MT-P3C	16/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.20 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.80 h		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 77: Ficha de recolección plano de columnas MT - C

<b>Ficha de recolección de plano de columnas MT - C</b>	
<p><b>Descripción:</b> Consiste en la producción de elementos estructurales que soportan cargas verticales (peso propio) como fuerzas horizontales (sismos y vientos), trabajan a flexo compresión como también en algunos casos a tracción (atirantadas) conocidas como columnas.</p>	
<p><b>Metodología:</b> Métodos tradicionales</p>	
<p><b>Subactividades:</b></p> <p><i>Dibujo de planos de columnas:</i> Comprende la elevación típica de la columna, el cuadro de columnas en secciones con el detallado de acero, detallado de estribos y ganchos, detalle de empalmes y especificaciones técnicas.</p> <p><i>Ensamblado de planos de columnas:</i> Consiste en el acomodo en la lámina de presentación, además de la creación o modificación de cualquier detalle requerido para la presentación de lámina.</p> <p><i>Revisión y corrección de planos de columnas:</i> Consiste en la revisión y corrección de diámetros de aceros erróneos, dibujos de secciones que no corresponden con cortes, u errores humanos que pueden generar incompatibilidad en los planos.</p>	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 78: Recolección en dibujo de planos de columnas MT - C

Código	Miercoles		
MT-P4C	16/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.25 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	1.10 h		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 79: Recolección en ensamblado de planos de columnas MT - C

Código	Miercoles		
MT-P5C	16/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.27 h		

Fuente: Elaboración propia

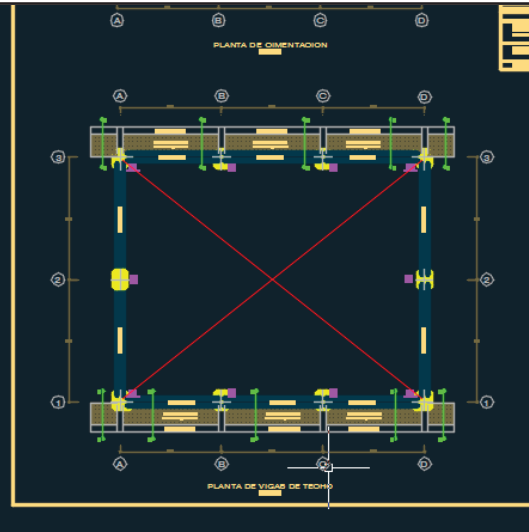
Tabla 80: Recolección en revisión y corrección de planos de columnas MT - C

Código	Jueves		
MT-P6C	17/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.17 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.43 h		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 81: Ficha de recolección plano de vigas MT - C

<b>Ficha de recolección de plano de vigas MT - C</b>	
<b>Descripción:</b> Consiste en la producción de elementos estructurales horizontales, diseñadas para sostener cargas lineales, concentradas o uniformes conocidas como vigas.	
<b>Metodología:</b> Métodos tradicionales	
<b>Subactividades:</b>	
<b>Dibujo de planos de vigas:</b> Comprende las vigas, sus secciones y cortes, el detalle de la disposición del acero, detallado de estribos y espaciamiento, detalle de empalmes y especificaciones técnicas de vigas.	
<b>Ensamblado de planos de vigas:</b> Consiste en el acomodo en la lámina de presentación, además de la creación o modificación de cualquier detalle requerido para la presentación de lámina.	
<b>Revisión y corrección de planos de vigas:</b> Consiste en la revisión y corrección de diámetros de aceros erróneos, dibujos de secciones que no corresponden con cortes, u errores humanos que pueden generar incompatibilidad en los planos.	



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 82: Recolección en dibujo de planos de vigas MT - C

Código	Jueves		
MT-P7C	17/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.18 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.98 h		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 83: Recolección en ensamblado de planos de vigas MT - C

Código	Jueves		
MT-P8C	17/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.38 h		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 84: Recolección en revisión y corrección de planos de vigas MT - C

Código	Jueves		
MT-P9C	17/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.20 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.45 h		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 85: Ficha de recolección plano de losas MT - C

<b>Ficha de recolección de plano de losas MT - C</b>	
<b>Descripción:</b> Consiste en la producción de elementos estructurales horizontales cuya dimensión en planta es más grande en comparación a su altura y donde las cargas son perpendiculares a su plano conocidas como losas.	
<b>Metodología:</b> Métodos tradicionales	
<b>Subactividades:</b>	
<b>Dibujo de planos de losas:</b> Comprende la planta de losas, vigas borde y secundarias, secciones típicas de aligerados y losas solidas detalles de empalmes y especificaciones técnicas de losas y sobrecargas usadas.	
<b>Ensamblado de planos de losas:</b> Consiste en el acomodo en la lámina de presentación, además de la creación o modificación de cualquier detalle requerido para la presentación de lámina.	
<b>Revisión y corrección de planos de losas:</b> Consiste en la revisión y corrección de diámetros de aceros erróneos, dibujos de secciones que no corresponden con cortes, u errores humanos que pueden generar incompatibilidad en los planos.	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 86: Recolección en dibujo de planos de losas MT - C

Código	Jueves		
MT-P10C	17/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.12 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.50 h		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 87: Recolección en ensamblado de planos de losas MT - C

Código	Jueves		
MT-P11C	17/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.25 h		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 88: Recolección en revisión y corrección de planos de losas MT - C

Código	Jueves		
MT-P12C	17/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.17 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.28 h		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 89: Ficha de recolección plano de tabiques MT - C

<b>Ficha de recolección de plano de tabiques MT - C</b>	
<p><b>Descripción:</b> Consiste en la producción de elementos delimitadores, no estructural conocidas como tabiques.</p>	
<p><b>Metodología:</b> Métodos tradicionales</p>	
<p><b>Subactividades:</b></p>	
<p><b>Dibujo de planos de tabiques:</b> Comprende la planta del plano de tabiques detalles tabiques de albañilería, encuentros en vigas y columnas, detalle de las unidades de albañilería, detalle de columnas y vigas de amarre, especificaciones técnicas.</p>	
<p><b>Ensamblado de planos de tabiques:</b> Consiste en el acomodo en la lámina de presentación, además de la creación o modificación de cualquier detalle requerido para la presentación de lámina.</p>	
<p><b>Revisión y corrección de planos de tabiques:</b> Consiste en la revisión y corrección de diámetros de aceros erróneos, dibujos de secciones que no corresponden con cortes, u errores humanos que pueden generar incompatibilidad en los planos.</p>	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 90: Recolección en dibujo de plano de tabiques MT - C

Código	Viernes		
MT-P16C	18/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.13 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.42 h		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 91: Recolección en ensamblado de plano de tabiques MT - C

Código	Viernes		
MT-P17C	18/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.27 h		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 92: Recolección en revisión y corrección de plano de tabiques MT - C

Código	Viernes		
MT-P18C	18/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.07 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.15 h		

Fuente: Elaboración propia



Tabla 93: Ficha de recolección plano de metrados MT - C

<b>Ficha de recolección de metrados MT - C</b>	
<b>Descripción:</b> Finalizado la producción de planos llega el momento en el que debemos hacer el metrado de los elementos que se han diseñado conocido como metrados, comprende movimientos de tierra, excavaciones, concreto armado, encofrado, acero y curado. .	
<b>Metodología:</b> Métodos tradicionales	
<b>Subactividades:</b>	
Metrado de cimentaciones	Columnas Ca3, Eje D Columnas Ca4, Eje E
Metrado de columnas	<b>01.03.10 VIGAS DE AMARRE</b> 01.03.10.01 CONCRETO $f_c= 175 \text{ kg/cm}^2$ EN VIGAS DE AMARRE Vigas Va1 Vigas Va2
Metrado de losas	01.03.10.02 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN VIGAS DE AMARRE Vigas Va1 Vigas Va2
Metrado de vigas.	01.03.10.03 ACERO $f_y= 4200 \text{ kg/cm}^2$ GRADO 60 EN VIGAS DE AMARRE Vigas Va1 Vigas Va2
Metrado de escaleras.	01.03.10.04 JUNTA CON PLANCHA DE TECNOPORT DE 1" EN VIGAS DE AMARRE Vigas Va1 Vigas Va2
Metrado de tabiques.	01.03.10.05 CURADO DE CONCRETO Vigas Va1 Vigas Va2
<b>Revisión y corrección de metrados:</b> Consiste en la revisión y corrección de errores humanos que pueden generar metrados no considerados o medidas equivocadas que puedan generar errores en cantidades, arrastrándose hasta en subtotales y totales.	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 94: Recolección en metrado de cimentaciones MT - C

Código	Viernes		
MT-M19C	18/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	1.05 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 95: Recolección en metrado de columnas MT - C

Código	Viernes		
MT-M20C	18/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.55 h		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 96: Recolección en metrado de losas MT - C

Código	Sábado		
MT-M21C	19/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.48 h		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 97: Recolección en metrado de vigas MT - C

Código	Sábado		
MT-M22C	19/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1		
	0.47 h		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 98: Recolección en metrado de tabiques MT - C

Código	Sábado		
MT-M24C	19/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.12 h		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 99: Recolección en revisión y corrección de metrados MT - C

Código	Sábado		
MT-M25C	19/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	1.08 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.47 h		

Fuente: Elaboración propia

3.5.1.3.2 Medición de datos usando la metodología de trabajo BIM

Tabla 100: Ficha de recolección plano de cimentaciones BIM - A

<b>Ficha de recolección de plano de cimentaciones BIM - A</b>	
<p><b>Descripción:</b> Consiste en la producción de elementos estructurales de una edificación cuya misión es transmitir sus cargas o elementos apoyados en ella al suelo conocidas como cimentaciones.</p>	
<p><b>Metodología:</b> BIM</p>	
<p><b>Subactividades:</b></p> <p><i>Dibujo de planos de cimentación:</i> Comprende la planta de cimentación, las vigas conexión, el detalle de la disposición del acero, su estribaje, además de detallar los sobrecimientos y las especificaciones técnicas.</p> <p><i>Ensamblado de planos de cimentación:</i> Consiste en el acomodo en la lámina de presentación, además de la creación o modificación de cualquier detalle requerido para la presentación de lámina.</p> <p><i>Revisión y corrección de planos de cimentación:</i> Consiste en la revisión y corrección de diámetros de aceros erróneos, dibujos de secciones que no corresponden con cortes, u errores humanos que pueden generar incompatibilidad en los planos.</p>	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 101: Recolección en dibujo de planos de cimentaciones BIM - A

Código	Lunes		
BIM-P1A	21/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.23 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	3.57 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 102: Recolección en ensamblado de planos de cimentaciones BIM - A

Código	Lunes		
BIM-P2A	21/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	1.22 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 103: Recolección en revisión y corrección de planos de cimentaciones BIM - A

Código	Lunes		
BIM-P3A	21/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.23 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.35 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 104: Ficha de recolección plano de columnas BIM - A

<b>Ficha de recolección de plano de columnas BIM - A</b>	
<p><b>Descripción:</b> Consiste en la producción de elementos estructurales que soportan cargas verticales (peso propio) como fuerzas horizontales (sismos y vientos), trabajan a flexo compresión como también en algunos casos a tracción (atirantadas) conocidas como columnas.</p>	
<p><b>Metodología:</b> BIM</p>	
<p><b>Subactividades:</b></p> <p><i>Dibujo de planos de columnas:</i> Comprende la elevación típica de la columna, el cuadro de columnas en secciones con el detallado de acero, detallado de estribos y ganchos, detalle de empalmes y especificaciones técnicas.</p> <p><i>Ensamblado de planos de columnas:</i> Consiste en el acomodo en la lámina de presentación, además de la creación o modificación de cualquier detalle requerido para la presentación de lámina.</p> <p><i>Revisión y corrección de planos de columnas:</i> Consiste en la revisión y corrección de diámetros de aceros erróneos, dibujos de secciones que no corresponden con cortes, u errores humanos que pueden generar incompatibilidad en los planos.</p>	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 105: Recolección en dibujo de planos de columnas BIM - A

Código	Martes		
BIM-P4A	22/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.43 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	2.83 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 106: Recolección en ensamblado de planos de columnas BIM - A

Código	Martes		
BIM-P5A	22/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.92 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 107: Recolección en revisión y corrección de planos de columnas BIM - A

Código	Martes		
BIM-P6A	22/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.30 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.28 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 108: Ficha de recolección plano de vigas BIM - A

<b>Ficha de recolección de plano de vigas BIM - A</b>	
<b>Descripción:</b> Consiste en la producción de elementos estructurales horizontales, diseñadas para sostener cargas lineales, concentradas o uniformes conocidas como vigas.	
<b>Metodología:</b> Métodos tradicionales	
<b>Subactividades:</b>	
<b>Dibujo de planos de vigas:</b> Comprende las vigas, sus secciones y cortes, el detalle de la disposición del acero, detallado de estribos y espaciamiento, detalle de empalmes y especificaciones técnicas de vigas.	
<b>Ensamblado de planos de vigas:</b> Consiste en el acomodo en la lámina de presentación, además de la creación o modificación de cualquier detalle requerido para la presentación de lámina.	
<b>Revisión y corrección de planos de vigas:</b> Consiste en la revisión y corrección de diámetros de aceros erróneos, dibujos de secciones que no corresponden con cortes, u errores humanos que pueden generar incompatibilidad en los planos.	

Project Browser - ES\_I.E Huancascca.rvt

- V.CN.06
- V.S.01
- Drafting Views (Detail)
  - Cimientos Corridos
  - Cuadro Sobrecarga Escala
  - Cuadro Sobrecarga Habita
  - Detalle 1 Columnas
  - Detalle 1 Sección Típica A
  - Detalle 2 Columnas
  - Detalle 3 Columnas
  - Doblado de Acero
  - E.T Cimientos
  - E.T Columnas
  - E.T Vigas y Losas
  - Índice de Planos
- Legends
- Schedules/Quantities
  - Cuadro de Columnas Estructu
  - CUADRO DE ZAPATAS C\* m3
- Sheets (all)
  - S-1 - CIMENTACIONES
  - S-2 - COLUMNAS Y ESCALERU
  - S-3 - VIGAS Y LOSAS
- Families
- Groups

**VIGA DE CONEXIÓN V.CN.0**

ESC 1 : 50

**VIGA DE CONEXIÓN V.CN.0**

ESC 1 : 50

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 109: Recolección en dibujo de planos de vigas BIM - A

Código	Martes		
BIM-P7A	22/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.38 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	3.05 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 110: Recolección en ensamblado de planos de vigas BIM - A

Código	Miércoles		
BIM-P8A	23/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.62 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 111: Recolección en revisión y corrección de planos de vigas BIM - A

Código	Miércoles		
BIM-P9A	23/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.25 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.33 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 112: Ficha de recolección plano de losas BIM - A

<b>Ficha de recolección de plano de losas BIM - A</b>	
<p><b>Descripción:</b> Consiste en la producción de elementos estructurales horizontales cuya dimensión en planta es más grande en comparación a su altura y donde las cargas son perpendiculares a su plano conocidas como losas.</p>	
<p><b>Metodología:</b> Métodos tradicionales</p>	
<p><b>Subactividades:</b></p> <p><i>Dibujo de planos de losas:</i> Comprende la planta de losas, vigas borde y secundarias, secciones típicas de aligerados y losas solidas detalles de empalmes y especificaciones técnicas de losas y sobrecargas usadas.</p> <p><i>Ensamblado de planos de losas:</i> Consiste en el acomodo en la lámina de presentación, además de la creación o modificación de cualquier detalle requerido para la presentación de lámina.</p> <p><i>Revisión y corrección de planos de losas:</i> Consiste en la revisión y corrección de diámetros de aceros erróneos, dibujos de secciones que no corresponden con cortes, u errores humanos que pueden generar incompatibilidad en los planos.</p>	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 113: Recolección en dibujo de planos de losas BIM - A

Código	Miércoles		
BIM-P10A	23/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.25 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	1.95 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 114: Recolección en ensamblado de planos de losas BIM - A

Código	Miércoles		
BIM-P11A	23/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.58 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 115: Recolección en revisión y corrección de planos de losas BIM - A

Código	Lunes		
BIM-P12A	28/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.22 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.43 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 116: Ficha de recolección plano de escaleras BIM - A

<b>Ficha de recolección de plano de escaleras BIM - A</b>	
<b>Descripción:</b> Consiste en la producción de elementos estructurales de comunicación entre los distintos niveles de una estructura conocidas como escaleras.	
<b>Metodología:</b> Métodos tradicionales	
<b>Subactividades:</b>	
<b>Dibujo de planos de escaleras:</b> Comprende el detalle de la escalera, de la disposición del acero, detallado de estribos y espaciamiento, detalle de empalmes y especificaciones técnicas de escaleras y sobrecarga usada.	
<b>Ensamblado de planos de escaleras:</b> Consiste en el acomodo en la lámina de presentación, además de la creación o modificación de cualquier detalle requerido para la presentación de lámina.	
<b>Revisión y corrección de planos de escaleras:</b> Consiste en la revisión y corrección de diámetros de aceros erróneos, dibujos de secciones que no corresponden con cortes, u errores humanos que pueden generar incompatibilidad en los planos.	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 117: Recolección en dibujo de planos de escaleras BIM - A

Código	Lunes		
BIM-P13A	28/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.25 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	2.08 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 118: Recolección en ensamblado de plano de escaleras BIM - A

Código	Lunes		
BIM-P14A	28/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.67 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 119: Recolección en revisión y corrección de planos de escaleras BIM - A

Código	Lunes		
BIM-P15A	28/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.22 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.28 h		

Fuente: Elaboración propia.



Tabla 120: Ficha de recolección plano de tabiques BIM - A

<b>Ficha de recolección de plano de tabiques BIM - A</b>															
<p><b>Descripción:</b> Consiste en la producción de elementos delimitadores, no estructural conocidas como tabiques.</p>															
<p><b>Metodología:</b> Métodos tradicionales</p>															
<p><b>Subactividades:</b></p> <p><i>Dibujo de planos de tabiques:</i> Comprende la planta del plano de tabiques detalles tabiques de albañilería, encuentros en vigas y columnas, detalle de las unidades de albañilería, detalle de columnas y vigas de amarre, especificaciones técnicas.</p> <p><i>Ensamblado de planos de tabiques:</i> Consiste en el acomodo en la lámina de presentación, además de la creación o modificación de cualquier detalle requerido para la presentación de lámina.</p> <p><i>Revisión y corrección de planos de tabiques:</i> Consiste en la revisión y corrección de diámetros de aceros erróneos, dibujos de secciones que no corresponden con cortes, u errores humanos que pueden generar incompatibilidad en los planos.</p>															
<p><b>TABIQUES DE SOGA</b></p> <p>Las UNIDADES DE ALBAÑILERIA de los tabiques d tendrán las siguientes características:</p> <table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">- MATERIAL:</td> <td style="width: 50%;">Arcilla</td> </tr> <tr> <td>- PROC. DE FABRICACION:</td> <td>Mecanizado</td> </tr> <tr> <td>- CLASIFICACION RNE E-070:</td> <td>Bloque NP</td> </tr> <tr> <td>- PESO MAXIMO:</td> <td>1350 kg/m3</td> </tr> <tr> <td>- DIMENSIONES MINIMAS:</td> <td>30x12x20 cm</td> </tr> <tr> <td>- MORTERO:</td> <td>1:5 Cemento- e = 1.5 cm m</td> </tr> <tr> <td>- JUNTAS:</td> <td></td> </tr> </table>		- MATERIAL:	Arcilla	- PROC. DE FABRICACION:	Mecanizado	- CLASIFICACION RNE E-070:	Bloque NP	- PESO MAXIMO:	1350 kg/m3	- DIMENSIONES MINIMAS:	30x12x20 cm	- MORTERO:	1:5 Cemento- e = 1.5 cm m	- JUNTAS:	
- MATERIAL:	Arcilla														
- PROC. DE FABRICACION:	Mecanizado														
- CLASIFICACION RNE E-070:	Bloque NP														
- PESO MAXIMO:	1350 kg/m3														
- DIMENSIONES MINIMAS:	30x12x20 cm														
- MORTERO:	1:5 Cemento- e = 1.5 cm m														
- JUNTAS:															

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 121: Recolección en dibujo de plano de tabiques BIM - A

Código	Martes		
BIM-P16A	29/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.20 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	1.03 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 122: Recolección en ensamblado de plano de tabiques BIM - A

Código	Martes		
BIM-P17A	29/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.73 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 123: Recolección en revisión y corrección de plano de tabiques BIM - A

Código	Martes		
BIM-P18A	29/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.25 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.65 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 124: Ficha de recolección metrados BIM - A

<b>Ficha de recolección de metrados BIM - A</b>	
<b>Descripción:</b> Finalizado la producción de planos llega el momento en el que debemos hacer el metrado de los elementos que se han diseñado conocido como metrados, comprende movimientos de tierra, excavaciones, concreto armado, encofrado, acero y curado. .	
<b>Metodología:</b> Métodos tradicionales	
<b>Subactividades:</b>	
Metrado de cimentaciones	
Metrado de columnas	
Metrado de losas	
Metrado de vigas.	
Metrado de escaleras.	
<b>Metrado de tabiques.</b>	
<b>Revisión y corrección de metrados:</b> Consiste en la revisión y corrección de errores humanos que pueden generar metrados no considerados o medidas equivocadas que puedan generar errores en cantidades, arrastrándose hasta en subtotales y totales.	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 125: Recolección en metrado de cimentaciones BIM - A

Código	Martes		
BIM-M19A	29/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	1.75 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 126: Recolección en metrado de columnas BIM - A

Código	Martes		
BIM-M20A	29/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	1.32 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 127: Recolección en metrado de losas BIM - A

Código	Miércoles		
BIM-M21A	30/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.45 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 128: Recolección en metrado de vigas BIM - A

Código	Miércoles		
BIM-M22A	30/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1		
	1.08 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 129: Recolección en metrado de escaleras BIM - A

Código	Miércoles		
BIM-M23A	30/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.58 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 130: Recolección en metrado de tabiques BIM - A

Código	Miércoles		
BIM-M24A	30/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.42 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 131: Recolección en revisión y corrección de metrados BIM - A

Código	Miércoles		
BIM-M25A	30/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	3.42 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.48 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 132: Ficha de recolección de plano cimentaciones BIM - B

<b>Ficha de recolección de plano de cimentaciones BIM - B</b>	
<b>Descripción:</b> Consiste en la producción de elementos estructurales de una edificación cuya misión es transmitir sus cargas o elementos apoyados en ella al suelo conocidas como cimentaciones.	
<b>Metodología:</b> BIM	
<b>Subactividades:</b>	
<p><b>Dibujo de planos de cimentación:</b> Comprende la planta de cimentación, las vigas conexión, el detalle de la disposición del acero, su estribaje, además de detallar los sobrecimientos y las especificaciones técnicas.</p>	
<p><b>Ensamblado de planos de cimentación:</b> Consiste en el acomodo en la lámina de presentación, además de la creación o modificación de cualquier detalle requerido para la presentación de lámina.</p>	
<p><b>Revisión y corrección de planos de cimentación:</b> Consiste en la revisión y corrección de diámetros de aceros erróneos, dibujos de secciones que no corresponden con cortes, u errores humanos que pueden generar incompatibilidad en los planos.</p>	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 133: Recolección en dibujo de planos de cimentaciones BIM - B

Código	Lunes		
BIM-P1B	04/01/2016		
Ingeniero	1 h		
	0.17 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	2.75 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 134: Recolección en ensamblado de planos de cimentaciones BIM - B

Código	Lunes		
BIM-P2B	04/01/2016		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	1.07 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 135: Recolección en revisión y corrección de planos de cimentaciones BIM - B

Código	Lunes		
BIM-P3B	04/01/2016		
Ingeniero	1 h		
	0.17 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.28 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 136: Ficha de recolección de plano columnas BIM - B

<b>Ficha de recolección de plano de columnas BIM - B</b>	
<p><b>Descripción:</b> Consiste en la producción de elementos estructurales que soportan cargas verticales (peso propio) como fuerzas horizontales (sismos y vientos), trabajan a flexo compresión como también en algunos casos a tracción (atirantadas) conocidas como columnas.</p>	
<p><b>Metodología:</b> BIM</p>	
<p><b>Subactividades:</b></p> <p><i>Dibujo de planos de columnas:</i> Comprende la elevación típica de la columna, el cuadro de columnas en secciones con el detallado de acero, detallado de estribos y ganchos, detalle de empalmes y especificaciones técnicas.</p> <p><i>Ensamblado de planos de columnas:</i> Consiste en el acomodo en la lámina de presentación, además de la creación o modificación de cualquier detalle requerido para la presentación de lámina.</p> <p><i>Revisión y corrección de planos de columnas:</i> Consiste en la revisión y corrección de diámetros de aceros erróneos, dibujos de secciones que no corresponden con cortes, u errores humanos que pueden generar incompatibilidad en los planos.</p>	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 137: Recolección en dibujo de planos de columnas BIM - B

Código	Lunes		
BIM-P4B	04/01/2016		
Ingeniero	1 h		
	0.53 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	2.42 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 138: Recolección en ensamblado de planos de columnas BIM - B

Código	Lunes		
BIM-P5B	04/01/2016		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.75 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 139: Recolección en revisión y corrección de planos de columnas BIM - B

Código	Martes		
BIM-P6B	05/01/2016		
Ingeniero	1 h		
	0.25 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.18 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 140: Ficha de recolección de plano vigas BIM - B

<b>Ficha de recolección de plano de vigas BIM - B</b>	
<b>Descripción:</b> Consiste en la producción de elementos estructurales horizontales, diseñadas para sostener cargas lineales, concentradas o uniformes conocidas como vigas.	
<b>Metodología:</b> Métodos tradicionales	
<b>Subactividades:</b>	
<b>Dibujo de planos de vigas:</b> Comprende las vigas, sus secciones y cortes, el detalle de la disposición del acero, detallado de estribos y espaciamiento, detalle de empalmes y especificaciones técnicas de vigas.	
<b>Ensamblado de planos de vigas:</b> Consiste en el acomodo en la lámina de presentación, además de la creación o modificación de cualquier detalle requerido para la presentación de lámina.	
<b>Revisión y corrección de planos de vigas:</b> Consiste en la revisión y corrección de diámetros de aceros erróneos, dibujos de secciones que no corresponden con cortes, u errores humanos que pueden generar incompatibilidad en los planos.	

Huancasca.rvt

- rs (Detail)
- s Corridos
- obrecarga Escale
- obrecarga Habit
- Columnas
- Sección Típica A
- Columnas
- Columnas
- de Acero
- ntos
- nnas
- y Losas
- Planos
- uantities
- olumnas Estructu
- ZAPATAS C' m3

**ITACIONES**

INAS Y ESCALERU

/ LOSAS

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 141: Recolección en dibujo de planos de vigas BIM - B

Código	Martes		
BIM-P7B	05/01/2016		
Ingeniero	1 h		
	0.35 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	2.58 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 142: Recolección en ensamblado de planos de vigas BIM - B

Código	Martes		
BIM-P8B	05/01/2016		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.50 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 143: Recolección en revisión y corrección de planos de vigas BIM - B

Código	Martes		
BIM-P9B	05/01/2016		
Ingeniero	1 h		
	0.28 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.25 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 144: Ficha de recolección de plano losas BIM - B

<b>Ficha de recolección de plano de losas BIM - B</b>	
<p><b>Descripción:</b> Consiste en la producción de elementos estructurales horizontales cuya dimensión en planta es más grande en comparación a su altura y donde las cargas son perpendiculares a su plano conocidas como losas.</p>	
<p><b>Metodología:</b> Métodos tradicionales</p>	
<p><b>Subactividades:</b></p> <p><i>Dibujo de planos de losas:</i> Comprende la planta de losas, vigas borde y secundarias, secciones típicas de aligerados y losas solidas detalles de empalmes y especificaciones técnicas de losas y sobrecargas usadas.</p> <p><i>Ensamblado de planos de losas:</i> Consiste en el acomodo en la lámina de presentación, además de la creación o modificación de cualquier detalle requerido para la presentación de lámina.</p> <p><i>Revisión y corrección de planos de losas:</i> Consiste en la revisión y corrección de diámetros de aceros erróneos, dibujos de secciones que no corresponden con cortes, u errores humanos que pueden generar incompatibilidad en los planos.</p>	
<p style="text-align: center;"><b>SECCIÓN TÍPICA ALIGERADO e = 0.20</b> ESC 1:10</p>	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 145: Recolección en dibujo de planos de losas BIM - B

Código	Martes		
BIM-P10B	05/01/2016		
Ingeniero	1 h		
	0.17 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	1.62 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 146: Recolección en ensamblado de planos de losas BIM - B

Código	Miércoles		
BIM-P11B	06/01/2016		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.42 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 147: Recolección en revisión y corrección de planos de losas BIM - B

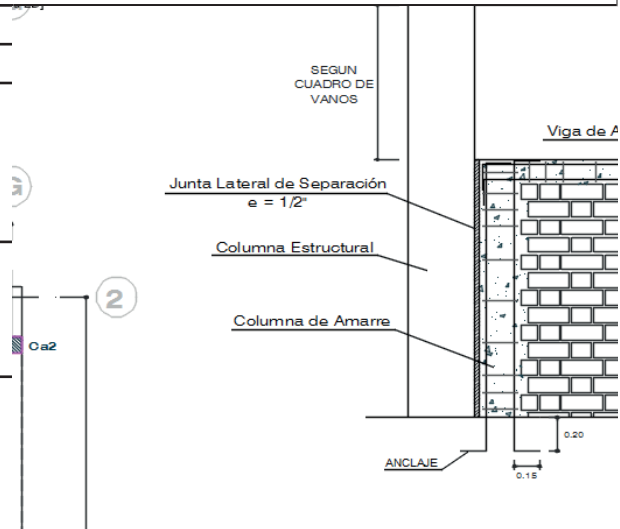
Código	Miércoles		
BIM-P12B	06/01/2016		
Ingeniero	1 h		
	0.20 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.32 h		

Fuente: Elaboración propia.



Tabla 148: Ficha de recolección de plano tabiques BIM - B

<b>Ficha de recolección de plano de tabiques BIM - B</b>	
<b>Descripción:</b> Consiste en la producción de elementos delimitadores, no estructural conocidas como tabiques.	
<b>Metodología:</b> Métodos tradicionales	
<b>Subactividades:</b>	
<p><b>Dibujo de planos de tabiques:</b> Comprende la planta del plano de tabiques detalles tabiques de albañilería, encuentros en vigas y columnas, detalle de las unidades de albañilería, detalle de columnas y vigas de amarre, especificaciones técnicas.</p>	
<p><b>Ensamblado de planos de tabiques:</b> Consiste en el acomodo en la lámina de presentación, además de la creación o modificación de cualquier detalle requerido para la presentación de lámina.</p>	
<p><b>Revisión y corrección de planos de tabiques:</b> Consiste en la revisión y corrección de diámetros de aceros erróneos, dibujos de secciones que no corresponden con cortes, u errores humanos que pueden generar incompatibilidad en los planos.</p>	



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 149: Recolección en dibujo de plano de tabiques BIM - B

Código	Miércoles		
BIM-P16B	06/01/2016		
Ingeniero	1 h		
	0.18 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.82 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 150: Recolección en ensamblado de plano de tabiques BIM - B

Código	Miércoles		
BIM-P17B	06/01/2016		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.58 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 151: Recolección en revisión y corrección de plano de tabiques BIM - B

Código	Miércoles		
BIM-P18B	06/01/2016		
Ingeniero	1 h		
	0.28 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.45 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 152: Ficha de recolección de metrados BIM - B

<b>Ficha de recolección de metrados BIM - B</b>	
<b>Descripción:</b> Finalizado la producción de planos llega el momento en el que debemos hacer el metrado de los elementos que se han diseñado conocido como metrados, comprende movimientos de tierra, excavaciones, concreto armado, encofrado, acero y curado. .	
<b>Metodología:</b> Métodos tradicionales	
<b>Subactividades:</b>	
Metrado de cimentaciones	
Metrado de columnas	
Metrado de losas	
Metrado de vigas.	
Metrado de escaleras.	
Metrado de tabiques.	
<b>Revisión y corrección de metrados:</b> Consiste en la revisión y corrección de errores humanos que pueden generar metrados no considerados o medidas equivocadas que puedan generar errores en cantidades, arrastrándose hasta en subtotales y totales.	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 153: Recolección en metrado de cimentaciones BIM - B

Código	Miércoles		
BIM-M19B	06/01/2016		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	1.35 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 154: Recolección en metrado de columnas BIM - B

Código	Miércoles		
BIM-M20B	06/01/2016		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	1.17 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 155: Recolección en metrado de losas BIM - B

Código	Miércoles		
BIM-M21B	06/01/2016		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.33 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 156: Recolección en metrado de vigas BIM - B

Código	Miércoles		
BIM-M22B	06/01/2016		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1		
	0.83 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 157: Recolección en metrado de tabiques BIM - B

Código	Jueves		
BIM-M24B	07/01/2016		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.33 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 158: Recolección en revisión y corrección de metrados BIM - B

Código	Jueves		
BIM-M25B	07/01/2016		
Ingeniero	1 h		
	2.95 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.43 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 159: Ficha de recolección de plano cimentaciones BIM - C

<b>Ficha de recolección de plano de cimentaciones BIM - C</b>	
<b>Descripción:</b> Consiste en la producción de elementos estructurales de una edificación cuya misión es transmitir sus cargas o elementos apoyados en ella al suelo conocidas como cimentaciones.	
<b>Metodología:</b> BIM	
<b>Subactividades:</b>	
<p><b>Dibujo de planos de cimentación:</b> Comprende la planta de cimentación, las vigas conexión, el detalle de la disposición del acero, su estribaje, además de detallar los sobrecimientos y las especificaciones técnicas.</p>	
<p><b>Ensamblado de planos de cimentación:</b> Consiste en el acomodo en la lámina de presentación, además de la creación o modificación de cualquier detalle requerido para la presentación de lámina.</p>	
<p><b>Revisión y corrección de planos de cimentación:</b> Consiste en la revisión y corrección de diámetros de aceros erróneos, dibujos de secciones que no corresponden con cortes, u errores humanos que pueden generar incompatibilidad en los planos.</p>	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 160: Recolección en dibujo de planos de cimentaciones BIM - C

Código	Viernes		
BIM-P1C	08/01/2016		
Ingeniero	1 h		
	0.12 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.80 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 161: Recolección en ensamblado de planos de cimentaciones BIM - C

Código	Viernes		
BIM-P2C	08/01/2016		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.30 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 162: Recolección en revisión y corrección de planos de cimentaciones BIM - C

Código	Viernes		
BIM-P3C	08/01/2016		
Ingeniero	1 h		
	0.03 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.12 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 163: Ficha de recolección de plano columnas BIM - C

<b>Ficha de recolección de plano de columnas BIM - C</b>	
<p><b>Descripción:</b> Consiste en la producción de elementos estructurales que soportan cargas verticales (peso propio) como fuerzas horizontales (sismos y vientos), trabajan a flexo compresión como también en algunos casos a tracción (atirantadas) conocidas como columnas.</p>	
<p><b>Metodología:</b> BIM</p>	
<p><b>Subactividades:</b></p> <p><i>Dibujo de planos de columnas:</i> Comprende la elevación típica de la columna, el cuadro de columnas en secciones con el detallado de acero, detallado de estribos y ganchos, detalle de empalmes y especificaciones técnicas.</p> <p><i>Ensamblado de planos de columnas:</i> Consiste en el acomodo en la lámina de presentación, además de la creación o modificación de cualquier detalle requerido para la presentación de lámina.</p> <p><i>Revisión y corrección de planos de columnas:</i> Consiste en la revisión y corrección de diámetros de aceros erróneos, dibujos de secciones que no corresponden con cortes, u errores humanos que pueden generar incompatibilidad en los planos.</p>	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 164: Recolección en dibujo de planos de columnas BIM - C

Código	Viernes		
BIM-P4C	08/01/2016		
Ingeniero	1 h		
	0.17 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.72 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 165: Recolección en ensamblado de planos de columnas BIM - C

Código	Viernes		
BIM-P5C	08/01/2016		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.23 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 166: Recolección en revisión y corrección de planos de columnas BIM - C

Código	Viernes		
BIM-P6C	08/01/2016		
Ingeniero	1 h		
	0.08 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.07 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 167: Ficha de recolección de plano vigas BIM - C

<b>Ficha de recolección de plano de vigas BIM - C</b>	
<p><b>Descripción:</b> Consiste en la producción de elementos estructurales horizontales, diseñadas para sostener cargas lineales, concentradas o uniformes conocidas como vigas.</p>	
<p><b>Metodología:</b> Métodos tradicionales</p>	
<p><b>Subactividades:</b></p> <p><i>Dibujo de planos de vigas:</i> Comprende las vigas, sus secciones y cortes, el detalle de la disposición del acero, detallado de estribos y espaciamiento, detalle de empalmes y especificaciones técnicas de vigas.</p> <p><i>Ensamblado de planos de vigas:</i> Consiste en el acomodo en la lámina de presentación, además de la creación o modificación de cualquier detalle requerido para la presentación de lámina.</p> <p><i>Revisión y corrección de planos de vigas:</i> Consiste en la revisión y corrección de diámetros de aceros erróneos, dibujos de secciones que no corresponden con cortes, u errores humanos que pueden generar incompatibilidad en los planos.</p>	
	<p><b>VIGA V.02 EJE B</b> ESC 1 : 50</p> <p><b>VIGAS: V.03, V.04, V.05</b> ESC 1 : 50</p>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 168: Recolección en dibujo de planos de vigas BIM - C

Código	Viernes		
BIM-P7C	08/01/2016		
Ingeniero	1 h		
	0.28 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.65 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 169: Recolección en ensamblado de planos de vigas BIM - C

Código	Viernes		
BIM-P8C	08/01/2016		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.15 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 170: Recolección en revisión y corrección de planos de vigas BIM - C

Código	Viernes		
BIM-P9C	08/01/2016		
Ingeniero	1 h		
	0.07 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.08 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 171: Ficha de recolección de plano losas BIM - C

<b>Ficha de recolección de plano de losas BIM - C</b>							
<p><b>Descripción:</b> Consiste en la producción de elementos estructurales horizontales cuya dimensión en planta es más grande en comparación a su altura y donde las cargas son perpendiculares a su plano conocidas como losas.</p>							
<p><b>Metodología:</b> Métodos tradicionales</p>							
<p><b>Subactividades:</b></p> <p><i>Dibujo de planos de losas:</i> Comprende la planta de losas, vigas borde y secundarias, secciones típicas de aligerados y losas solidas detalles de empalmes y especificaciones técnicas de losas y sobrecargas usadas.</p> <p><i>Ensamblado de planos de losas:</i> Consiste en el acomodo en la lámina de presentación, además de la creación o modificación de cualquier detalle requerido para la presentación de lámina.</p> <p><i>Revisión y corrección de planos de losas:</i> Consiste en la revisión y corrección de diámetros de aceros erróneos, dibujos de secciones que no corresponden con cortes, u errores humanos que pueden generar incompatibilidad en los planos.</p>							
<table border="1"> <thead> <tr> <th>V.B.01 15x20</th> <th>V.CH.01 25x20</th> <th>V.S.C 25x4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;"> <p>ESTRIBOS Ø1/4" 1@0.05 8@0.10 r@0.20</p> </td> <td style="text-align: center;"> <p>ESTRIBOS Ø1/4" 1@0.05 8@0.10 r@0.20</p> <p>Recubrimiento: 2.5cm = 25mm</p> </td> <td style="text-align: center;"> <p>ESTRIBOS 1@0 8@0 1@0 r@0</p> </td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;"><b>VIGAS DE BORDE, CHATAS Y SECUNDARIAS</b> ESC 1 : 25</p>		V.B.01 15x20	V.CH.01 25x20	V.S.C 25x4	<p>ESTRIBOS Ø1/4" 1@0.05 8@0.10 r@0.20</p>	<p>ESTRIBOS Ø1/4" 1@0.05 8@0.10 r@0.20</p> <p>Recubrimiento: 2.5cm = 25mm</p>	<p>ESTRIBOS 1@0 8@0 1@0 r@0</p>
V.B.01 15x20	V.CH.01 25x20	V.S.C 25x4					
<p>ESTRIBOS Ø1/4" 1@0.05 8@0.10 r@0.20</p>	<p>ESTRIBOS Ø1/4" 1@0.05 8@0.10 r@0.20</p> <p>Recubrimiento: 2.5cm = 25mm</p>	<p>ESTRIBOS 1@0 8@0 1@0 r@0</p>					

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 172: Recolección en dibujo de planos de losas BIM - C

Código	Viernes		
BIM-P10C	08/01/2016		
Ingeniero	1 h		
	0.05 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.48 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 173: Recolección en ensamblado de planos de losas BIM - C

Código	Sábado		
BIM-P11C	09/01/2016		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.15 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 174: Recolección en revisión y corrección de planos de losas BIM - C

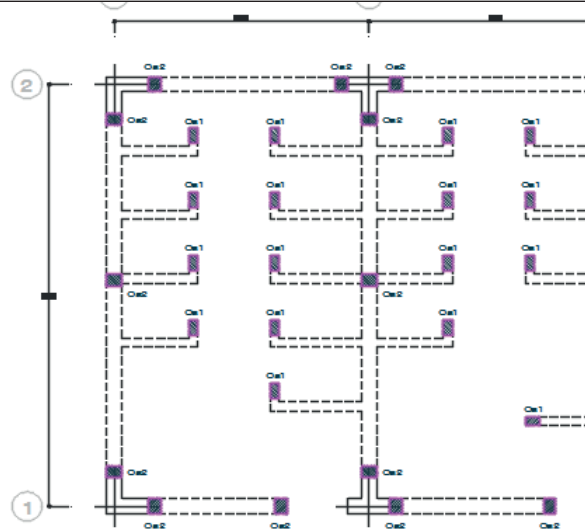
Código	Sábado		
BIM-P12C	09/01/2016		
Ingeniero	1 h		
	0.10 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.08 h		

Fuente: Elaboración propia.



Tabla 175: Ficha de recolección de plano tabiques BIM - C

<b>Ficha de recolección de plano de tabiques BIM - C</b>	
<b>Descripción:</b> Consiste en la producción de elementos delimitadores, no estructural conocidas como tabiques.	
<b>Metodología:</b> Métodos tradicionales	
<b>Subactividades:</b>	
<p><b>Dibujo de planos de tabiques:</b> Comprende la planta del plano de tabiques detalles tabiques de albañilería, encuentros en vigas y columnas, detalle de las unidades de albañilería, detalle de columnas y vigas de amarre, especificaciones técnicas.</p>	
<p><b>Ensamblado de planos de tabiques:</b> Consiste en el acomodo en la lámina de presentación, además de la creación o modificación de cualquier detalle requerido para la presentación de lámina.</p>	
<p><b>Revisión y corrección de planos de tabiques:</b> Consiste en la revisión y corrección de diámetros de aceros erróneos, dibujos de secciones que no corresponden con cortes, u errores humanos que pueden generar incompatibilidad en los planos.</p>	



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 176: Recolección en dibujo de plano de tabiques BIM - C

Código	Sábado		
BIM-P16C	09/01/2016		
Ingeniero	1 h		
	0.15 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.17 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 177: Recolección en ensamblado de plano de tabiques BIM - C

Código	Sábado		
BIM-P17C	09/01/2016		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.17 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 178: Recolección en revisión y corrección de plano de tabiques BIM - C

Código	Sábado		
BIM-P18C	09/01/2016		
Ingeniero	1 h		
	0.08 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.13 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 179: Ficha de recolección de plano tabiques BIM - C

<b>Ficha de recolección de metrados BIM - B</b>	
<b>Descripción:</b> Finalizado la producción de planos llega el momento en el que debemos hacer el metrado de los elementos que se han diseñado conocido como metrados, comprende movimientos de tierra, excavaciones, concreto armado, encofrado, acero y curado. .	
<b>Metodología:</b> Métodos tradicionales	
<b>Subactividades:</b>	
Metrado de cimentaciones	
Metrado de columnas	
Metrado de losas	
Metrado de vigas.	
Metrado de escaleras.	
Metrado de tabiques.	
<b>Revisión y corrección de metrados:</b> Consiste en la revisión y corrección de errores humanos que pueden generar metrados no considerados o medidas equivocadas que puedan generar errores en cantidades, arrastrándose hasta en subtotales y totales.	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 180: Recolección en metrado de cimentaciones BIM - C

Código	Sábado		
BIM-M19C	09/01/2016		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.40 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 181: Recolección en metrado de columnas BIM - C

Código	Sábado		
BIM-M20C	09/01/2016		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.37 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 182: Recolección en metrado de losas BIM - C

Código	Sábado		
BIM-M21C	09/01/2016		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.12 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 183: Recolección en metrado de vigas BIM - C

Código	Sábado		
BIM-M22C	09/01/2016		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1		
	0.25 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 184: Recolección en metrado de tabiques BIM - C

Código	Sábado		
BIM-M24C	09/01/2016		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.12 h		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 185: Recolección en revisión y corrección de metrados BIM - C

Código	Sábado		
BIM-M25C	09/01/2016		
Ingeniero	1 h		
	0.92 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.17 h		

Fuente: Elaboración propia.

### 3.6. Procedimiento de análisis de datos:

#### 3.6.1 Análisis de datos de rendimientos

##### *a. Obtención de rendimientos*

Haciendo uso del *FR Formato para la obtención de rendimientos*, se realizó el procesamiento para obtener los rendimientos en la producción de planos y metrados.

Ya teniéndose el formato electrónico llenado previamente con las métricas de la mediciones de horas empleadas en la actividad y metrado correspondiente se realizó el procesamiento para obtener el rendimiento usando la siguiente fórmula:

##### *Rendimiento*

$$R = \frac{P_{i_h} * H_{e_h}}{A_{t_{m^2}}} = R_{\frac{hh}{m^2}}$$

*Donde:*

*R es el rendimiento obtenido en la subactividad en unidades (hh/m<sup>2</sup>).*

*P<sub>i</sub> es el número de profesionales involucradas en unidades hombre(h).*

*H<sub>e</sub> es el número de horas empleadas en la subactividad en unidades hora (h)*

*A<sub>t</sub> es el área techada correspondiente a la subactividad en unidades (m<sup>2</sup>).*

##### *b. Cronograma de rendimientos por días*

Haciendo uso del CM Cronograma de rendimientos días se registraron los rendimientos obtenidos el procesamiento.

El llenado del cronograma se realiza de la siguiente manera:

1. Se marca cual es la metodología usada para la producción.
2. Se anota el código correspondiente a la actividad para mantener un orden y control, ejemplo: MT-P1A, de acuerdo a Tablas 5 o 6 según sea el caso.
3. Se anota el rendimiento en unidades de hora hombre sobre área techada respecto a la actividad y la fecha correspondiente. Ejemplo: 0.012 hh/m<sup>2</sup> en día 1 con fecha dd/mm/aa, Día 1.

Cabe indicar, la recolección de datos se realizó primeramente usando Métodos tradicionales y después usando la metodología de trabajo BIM.

**3.6.1.1 Análisis de datos usando métodos tradicionales**

**A. AD - MT Bloque A**

Tabla 186: Rendimiento en dibujo de planos de cimentaciones MT - A

Código	Lunes		
MT-P1A	30/11/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.73 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	4.85 h		
Área techada	431.51 m2		
Rend. Ingeniero	0.0017 hh/ m2		
Rend. Cadista / Modelador	0.0112 hh/ m2		
Rendimiento	0.0129 hh/ m2		

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 187: Rendimiento en ensamblado de planos de cimentaciones MT - A

Código	Lunes		
MT-P2A	30/11/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	2.20 h		
Área techada	431.51 m2		
Rend. Ingeniero	0.0000 hh/ m2		
Rend. Cadista / Modelador	0.0051 hh/ m2		
Rendimiento	0.0051 hh/ m2		

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 188: Rendimiento en revisión y corrección de planos de cimentaciones MT - A

Código	Martes		
MT-P3A	01/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.87 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	2.75 h		
Área techada	431.51 m2		
Rend. Ingeniero	0.0020 hh/ m2		
Rend. Cadista / Modelador	0.0064 hh/ m2		
Rendimiento	0.0084 hh/ m2		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 189: Rendimiento en dibujo de planos de columnas MT - A

Código	Martes		
MT-P4A	01/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.62 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	4.58 h		
Área techada	431.51 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0014 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0106 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0121 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 190: Rendimiento en ensamblado de planos de columnas MT - A

Código	Miércoles		
MT-P5A	02/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	1.22 h		
Área techada	431.51 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0000 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0028 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0028 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 191: Rendimiento en revisión y corrección de planos de columnas MT - A

Código	Miércoles		
MT-P6A	02/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.68 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	1.88 h		
Área techada	431.51 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0016 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0044 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0059 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 192: Rendimiento en dibujo de planos de vigas MT - A

Código	Miércoles		
MT-P7A	02/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.48 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	3.92 h		
Área techada	431.51 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0011 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0091 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0102 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 193: Rendimiento en ensamblado de planos de vigas MT - A

Código	Miércoles		
MT-P8A	02/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	1.60 h		
Área techada	431.51 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0000 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0037 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0037 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 194: Rendimiento en revisión y corrección de planos de vigas MT - A

Código	Jueves		
MT-P9A	03/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.62 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	2.07 h		
Área techada	431.51 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0014 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0048 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0062 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia.



Tabla 195: Rendimiento en dibujo de planos de losas MT - A

Código	Jueves		
MT-P10A	03/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.28 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	2.23 h		
Área techada	431.51 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0006 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0052 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0058 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 196: Rendimiento en ensamblado de planos de losas MT - A

Código	Jueves		
MT-P11A	03/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	1.03 h		
Área techada	431.51 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0000 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0024 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0024 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 197: Rendimiento en revisión y corrección de planos de losas MT - A

Código	Viernes		
MT-P12A	04/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.43 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	1.38 h		
Área techada	431.51 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0010 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0032 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0042 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 198: Rendimiento en dibujo de planos de escaleras MT - A

Código	Viernes		
MT-P13A	04/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.22 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	2.30 h		
Área techada	431.51 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0005 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0053 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0058 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 199: Rendimiento en ensamblado de plano de escaleras MT - A

Código	Viernes		
MT-P14A	04/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.80 h		
Área techada	431.51 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0000 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0019 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0019 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 200: Rendimiento en revisión y corrección de planos de escaleras MT - A

Código	Viernes		
MT-P15A	04/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.42 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.95 h		
Área techada	431.51 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0010 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0022 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0032 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 201: Rendimiento en dibujo de plano de tabiques MT - A

Código	Sábado		
MT-P16A	05/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.27 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	1.82 h		
Área techada	431.51 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0006 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0042 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0048 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 202: Rendimiento en ensamblado de plano de tabiques MT - A

Código	Sábado		
MT-P17A	05/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.97 h		
Área techada	431.51 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0000 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0022 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0022 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 203: Rendimiento en revisión y corrección de plano de tabiques MT - A

Código	Sábado		
MT-P18A	05/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.23 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.68 h		
Área techada	431.51 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0005 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0016 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0021 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 204: Rendimiento en metrado de cimentaciones MT - A

Código	Sábado		
MT-M19A	05/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	3.73 h		
Área techada	431.51 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0000 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0086 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0086 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 205: Rendimiento en metrado de columnas MT - A

Código	Lunes		
MT-M20A	07/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	2.32 h		
Área techada	431.51 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0000 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0054 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0054 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 206: Rendimiento en metrado de losas MT - A

Código	Lunes		
MT-M21A	07/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	1.77 h		
Área techada	431.51 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0000 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0041 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0041 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 207: Rendimiento en metrado de vigas MT - A

Código	Lunes		
MT-M22A	07/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1		
	1.87 h		
Área techada	431.51 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0000 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0043 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0043 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 208: Rendimiento en metrado de escaleras MT - A

Código	Lunes		
MT-M23A	07/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.80 h		
Área techada	431.51 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0000 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0019 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0019 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 209: Rendimiento en metrado de tabiques MT - A

Código	Lunes		
MT-M24A	07/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.45 h		
Área techada	431.51 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0000 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0010 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0010 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia.



Tabla 210: Rendimiento en revisión y corrección de metrados MT - A

Código	Martes		
MT-M25A	08/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	3.42 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	2.85 h		
Área techada	431.51 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0079 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0066 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0145 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 211: Cronograma con rendimientos MT - A

[ UAC ] Universidad Andina del Cusco  
 Facultad de Ingeniería y Arquitectura  
 Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**CM MT - Cronograma con rendimientos en días - Bloque A**

Metodología:

Métodos tradicionales

Cód	Producción	Actividades	Subactividades	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Lunes	Martes
				30/11/2015	01/12/2015	02/12/2015	03/12/2015	04/12/2015	05/12/2015	07/11/2015	08/12/2015
MT-P1A	Planos	Cimentaciones	Dibujo	0.0129 hh/m2							
MT-P2A			Ensamblado	0.0051 hh/m2							
MT-P3A			Revisión y corrección		0.0084 hh/m2						
MT-P4A		Columnas	Dibujo		0.0121 hh/m2						
MT-P5A			Ensamblado		0.0028 hh/m2						
MT-P6A			Revisión y corrección			0.0059 hh/m2					
MT-P7A		Vigas	Dibujo			0.0102 hh/m2					
MT-P8A			Ensamblado			0.0037 hh/m2					
MT-P9A			Revisión y corrección				0.0062 hh/m2				
MT-P10A		Losas	Dibujo				0.0058 hh/m2				
MT-P11A			Ensamblado				0.0024 hh/m2				
MT-P12A			Revisión y corrección					0.0042 hh/m2			
MT-P13A		Escaleras	Dibujo					0.0058 hh/m2			
MT-P14A			Ensamblado					0.0019 hh/m2			
MT-P15A			Revisión y corrección					0.0032 hh/m2			
MT-P16A		Tabiques	Dibujo						0.0048 hh/m2		
MT-P17A			Ensamblado						0.0022 hh/m2		
MT-P18A			Revisión y corrección						0.0021 hh/m2		
MT-M19A	Metrados	Cimentaciones							0.0086 hh/m2		
MT-M20A		Columnas								0.0054 hh/m2	
MT-M21A		Losas								0.0041 hh/m2	
MT-M22A		Vigas								0.0043 hh/m2	
MT-M23A		Escaleras								0.0019 hh/m2	
MT-M24A		Tabiques								0.0010 hh/m2	
MT-M25A		Revisión y corrección									0.0145 hh/m2

Fuente: Elaboración propia.



**b. RD - MT Bloque B**

Tabla 212: Rendimiento en dibujo de planos de cimentaciones MT - B

Código	Miércoles		
MT-P1B	09/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.62 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	3.90 h		
Área techada	367.80 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0017 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0106 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0123 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 213: Rendimiento en ensamblado de planos de cimentaciones MT - B

Código	Miércoles		
MT-P2B	09/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	1.83 h		
Área techada	367.80 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0000 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0050 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0050 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 214: Rendimiento en revisión y corrección de planos de cimentaciones MT - B

Código	Jueves		
MT-P3B	10/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.73 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	2.28 h		
Área techada	367.80 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0020 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0062 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0082 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 215: Rendimiento en dibujo de planos de columnas MT - B

Código	Jueves		
MT-P4B	10/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.48 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	3.77 h		
Área techada	367.80 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0013 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0103 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0116 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 216: Rendimiento en ensamblado de planos de columnas MT - B

Código	Jueves		
MT-P5B	10/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.97 h		
Área techada	367.80 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0000 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0026 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0026 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 217: Rendimiento en revisión y corrección de planos de columnas MT - B

Código	Viernes		
MT-P6B	11/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.47 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	1.68 h		
Área techada	367.80 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0013 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0046 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0058 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 218: Rendimiento en dibujo de planos de vigas MT - B

Código	Viernes		
MT-P7B	11/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.35 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	3.57 h		
Área techada	367.80 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0010 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0097 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0107 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 219: Rendimiento en ensamblado de planos de vigas MT - B

Código	Viernes		
MT-P8B	11/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	1.23 h		
Área techada	367.80 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0000 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0033 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0033 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 220: Rendimiento en revisión y corrección de planos de vigas MT - B

Código	Sábado		
MT-P9B	12/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.57 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	1.95 h		
Área techada	367.80 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0015 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0053 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0069 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 221: Rendimiento en dibujo de planos de losas MT - B

Código	Sábado		
MT-P10B	12/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.20 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	1.67 h		
Área techada	367.80 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0005 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0045 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0051 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 222: Rendimiento en ensamblado de planos de losas MT - B

Código	Sábado		
MT-P11B	12/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.75 h		
Metrado	367.80 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0000 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0020 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0020 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 223: Rendimiento en revisión y corrección de planos de losas MT - B

Código	Sábado		
MT-P12B	12/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.33 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	1.07 h		
Área techada	367.80 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0009 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0029 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0038 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 224: Rendimiento en dibujo de plano de tabiques MT - B

Código	Lunes		
MT-P16B	14/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.20 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	1.43 h		
Área techada	367.80 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0005 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0039 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0044 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 225: Rendimiento en ensamblado de plano de tabiques MT - B

Código	Lunes		
MT-P17B	14/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.77 h		
Metrado	367.80 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0000 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0021 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0021 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 226: Rendimiento en revisión y corrección de plano de tabiques MT - B

Código	Lunes		
MT-P18B	14/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.15 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.53 h		
Metrado	367.80 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0004 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0014 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0018 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 227: Rendimiento en metrado de cimentaciones MT - B

Código	Lunes		
MT-M19B	14/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	3.07 h		
Área techada	367.80 m2		
Rend. Ingeniero	0.0000 hh/ m2		
Rend. Cadista / Modelador	0.0083 hh/ m2		
Rendimiento	0.0083 hh/ m2		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 228: Rendimiento en metrado de columnas MT - B

Código	Martes		
MT-M20B	15/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	1.90 h		
Área techada	367.80 m2		
Rend. Ingeniero	0.0000 hh/ m2		
Rend. Cadista / Modelador	0.0052 hh/ m2		
Rendimiento	0.0052 hh/ m2		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 229: Rendimiento en metrado de losas MT - B

Código	Miércoles		
MT-M21B	16/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	1.43 h		
Área techada	367.80 m2		
Rend. Ingeniero	0.0000 hh/ m2		
Rend. Cadista / Modelador	0.0039 hh/ m2		
Rendimiento	0.0039 hh/ m2		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 230: Rendimiento en metrado de vigas MT - B

Código	Martes		
MT-M22B	15/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1		
	1.47 h		
Área techada	367.80 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0000 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0040 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0040 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 231: Rendimiento en metrado de tabiques MT - B

Código	Martes		
MT-M24B	15/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.35 h		
Área techada	367.80 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0000 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0010 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0010 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 232: Rendimiento en revisión y corrección de metrados MT - B

Código	Martes		
MT-M25B	15/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	2.75 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	2.17 h		
Área techada	367.80 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0075 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0059 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0134 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia.



Tabla 233: Cronograma con rendimientos MT - B

[ UAC ] Universidad Andina del Cusco  
 Facultad de Ingeniería y Arquitectura  
 Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**CM MT- Cronograma con rendimientos en días - Bloque B**

Metodología:

Métodos tradicionales

Cód	Producción	Actividades	Subactividades	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Lunes	Martes
				09/12/2015	10/12/2015	11/12/2015	12/12/2015	14/12/2015	15/12/2015
MT-P1B	Planos	Cimentaciones	Dibujo	0.0123 hh/m2					
MT-P2B			Ensamblado	0.0050 hh/m2					
MT-P3B			Revisión y corrección		0.0082 hh/m2				
MT-P4B		Columnas	Dibujo		0.0116 hh/m2				
MT-P5B			Ensamblado		0.0026 hh/m2				
MT-P6B			Revisión y corrección			0.0058 hh/m2			
MT-P7B		Vigas	Dibujo			0.0107 hh/m2			
MT-P8B			Ensamblado			0.0033 hh/m2			
MT-P9B			Revisión y corrección				0.0069 hh/m2		
MT-P10B		Losas	Dibujo				0.0051 hh/m2		
MT-P11B			Ensamblado				0.0020 hh/m2		
MT-P12B			Revisión y corrección				0.0038 hh/m2		
MT-P13B		Escaleras	Dibujo						
MT-P14B			Ensamblado						
MT-P15B			Revisión y corrección						
MT-P16B		Tabiques	Dibujo					0.0044 hh/m2	
MT-P17B			Ensamblado					0.0021 hh/m2	
MT-P18B			Revisión y corrección					0.0018 hh/m2	
MT-M19B	Metrados	Cimentaciones					0.0083 hh/m2		
MT-M20B		Columnas						0.0052 hh/m2	
MT-M21B		Losas						0.0039 hh/m2	
MT-M22		Vigas						0.0040 hh/m2	
MT-M23B		Escaleras							
MT-M24B		Tabiques						0.0010 hh/m2	
MT-M25B		Revisión y corrección						0.0134 hh/m2	

Fuente: Elaboración propia.

**c. RD - MT Bloque C**

Tabla 234: Rendimiento en dibujo de planos de cimentaciones MT - C

Código	Miércoles		
MT-P1C	16/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.13 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	1.47 h		
Área techada	112.75 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0012 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0130 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0142 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 235: Rendimiento en ensamblado de planos de cimentaciones MT - C

Código	Miercoles		
MT-P2C	16/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.65 h		
Área techada	112.75 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0000 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0058 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0058 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 236: Rendimiento en revisión y corrección de planos de cimentaciones MT - C

Código	Miercoles		
MT-P3C	16/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.20 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.80 h		
Área techada	112.75 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0018 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0071 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0089 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 237: Rendimiento en dibujo de planos de columnas MT - C

Código	Miercoles		
MT-P4C	16/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.25 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	1.10 h		
Área techada	112.75 m2		
Rend. Ingeniero	0.0022 hh/ m2		
Rend. Cadista / Modelador	0.0098 hh/ m2		
Rendimiento	0.0120 hh/ m2		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 238: Rendimiento en ensamblado de planos de columnas MT - C

Código	Miercoles		
MT-P5C	16/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.27 h		
Área techada	112.75 m2		
Rend. Ingeniero	0.0000 hh/ m2		
Rend. Cadista / Modelador	0.0024 hh/ m2		
Rendimiento	0.0024 hh/ m2		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 239: Rendimiento en revisión y corrección de planos de columnas MT - C

Código	Jueves		
MT-P6C	17/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.17 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.43 h		
Área techada	112.75 m2		
Rend. Ingeniero	0.0015 hh/ m2		
Rend. Cadista / Modelador	0.0038 hh/ m2		
Rendimiento	0.0053 hh/ m2		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 240: Rendimiento en dibujo de planos de vigas MT - C

Código	Jueves		
MT-P7C	17/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.18 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.98 h		
Área techada	112.75 m2		
Rend. Ingeniero	0.0016 hh/ m2		
Rend. Cadista / Modelador	0.0087 hh/ m2		
Rendimiento	0.0103 hh/ m2		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 241: Rendimiento en ensamblado de planos de vigas MT - C

Código	Jueves		
MT-P8C	17/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.38 h		
Área techada	112.75 m2		
Rend. Ingeniero	0.0000 hh/ m2		
Rend. Cadista / Modelador	0.0034 hh/ m2		
Rendimiento	0.0034 hh/ m2		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 242: Rendimiento en revisión y corrección de planos de vigas MT - C

Código	Jueves		
MT-P9C	17/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.20 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.45 h		
Área techada	112.75 m2		
Rend. Ingeniero	0.0018 hh/ m2		
Rend. Cadista / Modelador	0.0040 hh/ m2		
Rendimiento	0.0058 hh/ m2		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 243: Rendimiento en dibujo de planos de losas MT - C

Código	Jueves		
MT-P10C	17/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.12 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.50 h		
Área techada	112.75 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0011 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0044 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0055 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 244: Rendimiento en ensamblado de planos de losas MT - C

Código	Jueves		
MT-P11C	17/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.25 h		
Área techada	112.75 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0000 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0022 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0022 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 245: Rendimiento en revisión y corrección de planos de losas MT - C

Código	Jueves		
MT-P12C	17/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.17 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.28 h		
Área techada	112.75 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0015 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0025 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0040 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 246: Rendimiento en dibujo de plano de tabiques MT - C

Código	Viernes		
MT-P16C	18/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.13 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.42 h		
Área techada	112.75 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0012 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0037 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0049 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 247: Rendimiento en ensamblado de plano de tabiques MT - C

Código	Viernes		
MT-P17C	18/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.27 h		
Área techada	112.75 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0000 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0024 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0024 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 248: Rendimiento en revisión y corrección de plano de tabiques MT - C

Código	Viernes		
MT-P18C	18/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.07 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.15 h		
Área techada	112.75 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0006 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0013 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0020 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 249: Rendimiento en metrado de cimentaciones MT - C

Código	Viernes		
MT-M19C	18/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	1.05 h		
Área techada	112.75 m2		
Rend. Ingeniero	0.0000 hh/ m2		
Rend. Cadista / Modelador	0.0093 hh/ m2		
Rendimiento	0.0093 hh/ m2		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 250: Rendimiento en metrado de columnas MT - C

Código	Viernes		
MT-M20C	18/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.55 h		
Área techada	112.75 m2		
Rend. Ingeniero	0.0000 hh/ m2		
Rend. Cadista / Modelador	0.0049 hh/ m2		
Rendimiento	0.0049 hh/ m2		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 251: Rendimiento en metrado de losas MT - C

Código	Sábado		
MT-M21C	19/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.48 h		
Área techada	112.75 m2		
Rend. Ingeniero	0.0000 hh/ m2		
Rend. Cadista / Modelador	0.0043 hh/ m2		
Rendimiento	0.0043 hh/ m2		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 252: Rendimiento en metrado de vigas MT - C

Código	Sábado		
MT-M22C	19/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1		
	0.47 h		
Área techada	112.75 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0000 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0042 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0042 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 253: Rendimiento en metrado de tabiques MT - C

Código	Sábado		
MT-M24C	19/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.12 h		
Área techada	112.75 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0000 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0011 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0011 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 254: Rendimiento en revisión y corrección de metrados MT - C

Código	Sábado		
MT-M25C	19/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	1.08 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.47 h		
Área techada	112.75 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0096 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0042 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0137 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia



Tabla 255: Cronograma con rendimientos MT - C

[ UAC ] Universidad Andina del Cusco  
Facultad de Ingeniería y Arquitectura  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**CM MT- Cronograma con rendimientos en días - Bloque C**

Metodología:

Métodos tradicionales

Cód	Producción	Actividades	Subactividades	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
				16/12/2015	17/12/2015	18/12/2015	19/12/2015
MT-P1C	Pisos	Cimentaciones	Dibujo	0.0142 hh/m2			
MT-P2C			Ensamblado	0.0058 hh/m2			
MT-P3C			Revisión y corrección	0.0089 hh/m2			
MT-P4C		Columnas	Dibujo	0.0120 hh/m2			
MT-P5C			Ensamblado	0.0024 hh/m2			
MT-P6C			Revisión y corrección		0.0053 hh/m2		
MT-P7C		Vigas	Dibujo		0.0103 hh/m2		
MT-P8C			Ensamblado		0.0034 hh/m2		
MT-P9C			Revisión y corrección		0.0058 hh/m2		
MT-P10C		Losas	Dibujo		0.0055 hh/m2		
MT-P11C			Ensamblado		0.0022 hh/m2		
MT-P12C			Revisión y corrección		0.0040 hh/m2		
MT-P13C		Escaleras	Dibujo				
MT-P14C			Ensamblado				
MT-P15C			Revisión y corrección				
MT-P16C		Tabiques	Dibujo			0.0049 hh/m2	
MT-P17C			Ensamblado			0.0024 hh/m2	
MT-P18C			Revisión y corrección			0.0020 hh/m2	
MT-M19C	Métrados	Cimentaciones			0.0093 hh/m2		
MT-M20C		Columnas			0.0049 hh/m2		
MT-M21C		Losas				0.0043 hh/m2	
MT-M22C		Vigas				0.0042 hh/m2	
MT-M23C		Escaleras					
MT-M24C		Tabiques				0.0011 hh/m2	
MT-M25C		Revisión y corrección				0.0137 hh/m2	

Fuente: Elaboración propia

### 3.6.1.2 Análisis de datos usando la metodología de trabajo BIM

#### A. AD - MT Bloque A

Tabla 256: Rendimiento en dibujo de planos de cimentaciones BIM - A

Código	Lunes		
BIM-P1A	21/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.23 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	3.57 h		
Área techada	431.51 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0005 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0083 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0088 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 257: Rendimiento en ensamblado de planos de cimentaciones BIM - A

Código	Lunes		
BIM-P2A	21/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	1.22 h		
Área techada	431.51 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0000 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0028 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0028 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 258: Rendimiento en revisión y corrección de planos de cimentaciones BIM - A

Código	Lunes		
BIM-P3A	21/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.23 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.35 h		
Área techada	431.51 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0005 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0008 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0013 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 259: Rendimiento en dibujo de planos de columnas BIM - A

Código	Martes		
BIM-P4A	22/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.43 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	2.83 h		
Área techada	431.51 m2		
Rend. Ingeniero	0.0010 hh/ m2		
Rend. Cadista / Modelador	0.0066 hh/ m2		
Rendimiento	0.0076 hh/ m2		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 260: Rendimiento en ensamblado de planos de columnas BIM - A

Código	Martes		
BIM-P5A	22/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.92 h		
Área techada	431.51 m2		
Rend. Ingeniero	0.0000 hh/ m2		
Rend. Cadista / Modelador	0.0021 hh/ m2		
Rendimiento	0.0021 hh/ m2		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 261: Rendimiento en revisión y corrección de planos de columnas BIM - A

Código	Martes		
BIM-P6A	22/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.30 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.28 h		
Área techada	431.51 m2		
Rend. Ingeniero	0.0007 hh/ m2		
Rend. Cadista / Modelador	0.0006 hh/ m2		
Rendimiento	0.0013 hh/ m2		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 262: Rendimiento en dibujo de planos de vigas BIM - A

Código	Martes		
BIM-P7A	22/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.38 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	3.05 h		
Área techada	431.51 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0009 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0071 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0079 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 263: Rendimiento en ensamblado de planos de vigas BIM - A

Código	Miércoles		
BIM-P8A	23/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.62 h		
Área techada	431.51 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0000 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0014 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0014 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 264: Rendimiento en revisión y corrección de planos de vigas BIM - A

Código	Miércoles		
BIM-P9A	23/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.25 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.33 h		
Área techada	431.51 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0006 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0008 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0013 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 265: Rendimiento en dibujo de planos de losas BIM - A

Código	Miércoles		
BIM-P10A	23/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.25 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	1.95 h		
Área techada	431.51 m2		
Rend. Ingeniero	0.0006 hh/ m2		
Rend. Cadista / Modelador	0.0045 hh/ m2		
Rendimiento	0.0051 hh/ m2		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 266: Rendimiento en ensamblado de planos de losas BIM - A

Código	Miércoles		
BIM-P11A	23/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.58 h		
Área techada	431.51 m2		
Rend. Ingeniero	0.0000 hh/ m2		
Rend. Cadista / Modelador	0.0013 hh/ m2		
Rendimiento	0.0013 hh/ m2		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 267: Rendimiento en revisión y corrección de planos de losas BIM - A

Código	Lunes		
BIM-P12A	28/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.22 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.43 h		
Área techada	431.51 m2		
Rend. Ingeniero	0.0005 hh/ m2		
Rend. Cadista / Modelador	0.0010 hh/ m2		
Rendimiento	0.0015 hh/ m2		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 268: Rendimiento en dibujo de planos de escaleras BIM - A

Código	Lunes		
BIM-P13A	28/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.25 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	2.08 h		
Área techada	431.51 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0006 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0048 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0054 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 269: Rendimiento en ensamblado de plano de escaleras BIM - A

Código	Lunes		
BIM-P14A	28/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.67 h		
Área techada	431.51 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0000 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0016 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0016 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 270: Rendimiento en revisión y corrección de planos de escaleras BIM - A

Código	Lunes		
BIM-P15A	28/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.22 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.28 h		
Área techada	431.51 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0005 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0006 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0012 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 271: Rendimiento en dibujo de plano de tabiques BIM - A

Código	Martes		
BIM-P16A	29/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.20 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	1.03 h		
Área techada	431.51 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0005 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0024 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0029 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 272: Rendimiento en ensamblado de plano de tabiques BIM - A

Código	Martes		
BIM-P17A	29/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.73 h		
Área techada	431.51 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0000 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0017 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0017 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 273: Rendimiento en revisión y corrección de plano de tabiques BIM - A

Código	Martes		
BIM-P18A	29/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	0.25 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.65 h		
Área techada	431.51 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0006 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0015 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0021 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 274: Rendimiento en metrado de cimentaciones BIM - A

Código	Martes		
BIM-M19A	29/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	1.75 h		
Área techada	431.51 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0000 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0041 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0041 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 275: Rendimiento en metrado de columnas BIM - A

Código	Martes		
BIM-M20A	29/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	1.32 h		
Área techada	431.51 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0000 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0031 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0031 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 276: Rendimiento en metrado de losas BIM - A

Código	Miércoles		
BIM-M21A	30/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.45 h		
Área techada	431.51 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0000 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0010 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0010 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia.



Tabla 277: Rendimiento en metrado de vigas BIM - A

Código	Miércoles		
BIM-M22A	30/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1		
	1.08 h		
Área techada	431.51 m2		
Rend. Ingeniero	0.0000 hh/ m2		
Rend. Cadista / Modelador	0.0025 hh/ m2		
Rendimiento	0.0025 hh/ m2		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 278: Rendimiento en metrado de escaleras BIM - A

Código	Miércoles		
BIM-M23A	30/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.58 h		
Área techada	431.51 m2		
Rend. Ingeniero	0.0000 hh/ m2		
Rend. Cadista / Modelador	0.0013 hh/ m2		
Rendimiento	0.0013 hh/ m2		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 279: Rendimiento en metrado de tabiques BIM - A

Código	Miércoles		
BIM-M24A	30/12/2015		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.42 h		
Área techada	431.51 m2		
Rend. Ingeniero	0.0000 hh/ m2		
Rend. Cadista / Modelador	0.0010 hh/ m2		
Rendimiento	0.0010 hh/ m2		

Fuente: Elaboración propia.



Tabla 280: Rendimiento en revisión y corrección de metrados BIM - A

Código	Miércoles		
BIM-M25A	30/12/2015		
Ingeniero	1 h		
	3.42 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.48 h		
Área techada	431.51 m2		
Rend. Ingeniero	0.0079 hh/ m2		
Rend. Cadista / Modelador	0.0011 hh/ m2		
Rendimiento	0.0090 hh/ m2		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 281: Cronograma con rendimientos BIM - A

[ UAC ] Universidad Andina del Cusco  
 Facultad de Ingeniería y Arquitectura  
 Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**CM BIM - Cronograma con rendimientos en días - Bloque A**

Metodología:

BIM

Cód	Producción	Actividades	Subactividades	Lunes	Martes	Miércoles	Lunes	Martes	Miércoles
				21/12/2015	22/12/2015	23/12/2015	28/12/2015	29/12/2015	30/12/2015
BIM-P1A	Planos	Cimentaciones	Dibujo	0.0088 hh/m2					
BIM-P2A			Ensamblado	0.0028 hh/m2					
BIM-P3A			Revisión y corrección	0.0013 hh/m2					
BIM-P4A		Columnas	Dibujo		0.0076 hh/m2				
BIM-P5A			Ensamblado		0.0021 hh/m2				
BIM-P6A			Revisión y corrección		0.0013 hh/m2				
BIM-P7A		Vigas	Dibujo		0.0079 hh/m2				
BIM-P8A			Ensamblado			0.0014 hh/m2			
BIM-P9A			Revisión y corrección			0.0013 hh/m2			
BIM-P10A		Losas	Dibujo			0.0051 hh/m2			
BIM-P11A			Ensamblado			0.0013 hh/m2			
BIM-P12A			Revisión y corrección				0.0015 hh/m2		
BIM-P13A		Escaleras	Dibujo				0.0054 hh/m2		
BIM-P14A			Ensamblado				0.0016 hh/m2		
BIM-P15A			Revisión y corrección				0.0012 hh/m2		
BIM-P16A		Tabiques	Dibujo					0.0029 hh/m2	
BIM-P17A			Ensamblado					0.0017 hh/m2	
BIM-P18A			Revisión y corrección					0.0021 hh/m2	
BIM-M19A	Metrados	Cimentaciones					0.0041 hh/m2		
BIM-M20A		Columnas					0.0031 hh/m2		
BIM-M21A		Losas						0.0010 hh/m2	
BIM-M22A		Vigas						0.0025 hh/m2	
BIM-M23A		Escaleras						0.0013 hh/m2	
BIM-M24A		Tabiques						0.0010 hh/m2	
BIM-M25A		Revisión y corrección						0.0090 hh/m2	

Fuente: Elaboración propia.

**b. RD - MT Bloque B**

Tabla 282: Rendimiento en dibujo de planos de cimentaciones BIM - B

Código	Lunes		
BIM-P1B	04/01/2016		
Ingeniero	1 h		
	0.17 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	2.75 h		
Área techada	367.80 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0005 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0075 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0079 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 283: Rendimiento en ensamblado de planos de cimentaciones BIM - B

Código	Lunes		
BIM-P2B	04/01/2016		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	1.07 h		
Área techada	367.80 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0000 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0029 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0029 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 284: Rendimiento en revisión y corrección de planos de cimentaciones BIM - B

Código	Lunes		
BIM-P3B	04/01/2016		
Ingeniero	1 h		
	0.17 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.28 h		
Área techada	367.80 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0005 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0008 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0012 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 285: Rendimiento en dibujo de planos de columnas BIM - B

Código	Lunes		
BIM-P4B	04/01/2016		
Ingeniero	1 h		
	0.53 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	2.42 h		
Área techada	367.80 m2		
Rend. Ingeniero	0.0014 hh/ m2		
Rend. Cadista / Modelador	0.0066 hh/ m2		
Rendimiento	0.0080 hh/ m2		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 286: Rendimiento en ensamblado de planos de columnas BIM - B

Código	Lunes		
BIM-P5B	04/01/2016		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.75 h		
Área techada	367.80 m2		
Rend. Ingeniero	0.0000 hh/ m2		
Rend. Cadista / Modelador	0.0020 hh/ m2		
Rendimiento	0.0020 hh/ m2		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 287: Rendimiento en revisión y corrección de planos de columnas BIM - B

Código	Martes		
BIM-P6B	05/01/2016		
Ingeniero	1 h		
	0.25 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.18 h		
Área techada	367.80 m2		
Rend. Ingeniero	0.0007 hh/ m2		
Rend. Cadista / Modelador	0.0005 hh/ m2		
Rendimiento	0.0012 hh/ m2		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 288: Rendimiento en dibujo de planos de vigas BIM - B

Código	Martes		
BIM-P7B	05/01/2016		
Ingeniero	1 h		
	0.35 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	2.58 h		
Área techada	367.80 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0010 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0070 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0080 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 289: Rendimiento en ensamblado de planos de vigas BIM - B

Código	Martes		
BIM-P8B	05/01/2016		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.50 h		
Área techada	367.80 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0000 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0014 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0014 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 290: Rendimiento en revisión y corrección de planos de vigas BIM - B

Código	Martes		
BIM-P9B	05/01/2016		
Ingeniero	1 h		
	0.28 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.25 h		
Área techada	367.80 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0008 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0007 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0014 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 291: Rendimiento en dibujo de planos de losas BIM - B

Código	Martes		
BIM-P10B	05/01/2016		
Ingeniero	1 h		
	0.17 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	1.62 h		
Área techada	367.80 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0005 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0044 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0049 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 292: Rendimiento en ensamblado de planos de losas BIM - B

Código	Miércoles		
BIM-P11B	06/01/2016		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.42 h		
Área techada	367.80 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0000 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0011 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0011 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 293: Rendimiento en revisión y corrección de planos de losas BIM - B

Código	Miércoles		
BIM-P12B	06/01/2016		
Ingeniero	1 h		
	0.20 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.32 h		
Área techada	367.80 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0005 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0009 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0014 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 294: Rendimiento en dibujo de plano de tabiques BIM - B

Código	Miércoles		
BIM-P16B	06/01/2016		
Ingeniero	1 h		
	0.18 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.82 h		
Área techada	367.80 m2		
Rend. Ingeniero	0.0005 hh/ m2		
Rend. Cadista / Modelador	0.0022 hh/ m2		
Rendimiento	0.0027 hh/ m2		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 295: Rendimiento en ensamblado de plano de tabiques BIM - B

Código	Miércoles		
BIM-P17B	06/01/2016		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.58 h		
Área techada	367.80 m2		
Rend. Ingeniero	0.0000 hh/ m2		
Rend. Cadista / Modelador	0.0016 hh/ m2		
Rendimiento	0.0016 hh/ m2		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 296: Rendimiento en revisión y corrección de plano de tabiques BIM - B

Código	Miércoles		
BIM-P18B	06/01/2016		
Ingeniero	1 h		
	0.28 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.45 h		
Área techada	367.80 m2		
Rend. Ingeniero	0.0008 hh/ m2		
Rend. Cadista / Modelador	0.0012 hh/ m2		
Rendimiento	0.0020 hh/ m2		

Fuente: Elaboración propia



Tabla 297: Rendimiento en metrado de cimentaciones BIM - B

Código	Miércoles		
BIM-M19B	06/01/2016		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	1.35 h		
Área techada	367.80 m2		
Rend. Ingeniero	0.0000 hh/ m2		
Rend. Cadista / Modelador	0.0037 hh/ m2		
Rendimiento	0.0037 hh/ m2		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 298: Rendimiento en metrado de columnas BIM - B

Código	Miércoles		
BIM-M20B	06/01/2016		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	1.17 h		
Área techada	367.80 m2		
Rend. Ingeniero	0.0000 hh/ m2		
Rend. Cadista / Modelador	0.0032 hh/ m2		
Rendimiento	0.0032 hh/ m2		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 299: Rendimiento en metrado de losas BIM - B

Código	Miércoles		
BIM-M21B	06/01/2016		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.33 h		
Área techada	367.80 m2		
Rend. Ingeniero	0.0000 hh/ m2		
Rend. Cadista / Modelador	0.0009 hh/ m2		
Rendimiento	0.0009 hh/ m2		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 300: Rendimiento en metrado de vigas BIM - B

Código	Miércoles		
BIM-M22B	06/01/2016		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1		
	0.83 h		
Área techada	367.80 m2		
Rend. Ingeniero	0.0000 hh/ m2		
Rend. Cadista / Modelador	0.0023 hh/ m2		
Rendimiento	0.0023 hh/ m2		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 301: Rendimiento en metrado de tabiques BIM - B

Código	Jueves		
BIM-M24B	07/01/2016		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.33 h		
Área techada	367.80 m2		
Rend. Ingeniero	0.0000 hh/ m2		
Rend. Cadista / Modelador	0.0009 hh/ m2		
Rendimiento	0.0009 hh/ m2		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 302: Rendimiento en revisión y corrección de metrados BIM - B

Código	Jueves		
BIM-M25B	07/01/2016		
Ingeniero	1 h		
	2.95 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.43 h		
Área techada	367.80 m2		
Rend. Ingeniero	0.0080 hh/ m2		
Rend. Cadista / Modelador	0.0012 hh/ m2		
Rendimiento	0.0092 hh/ m2		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 303: Cronograma con rendimientos BIM - B

[ UAC ] Universidad Andina del Cusco  
 Facultad de Ingeniería y Arquitectura  
 Escuela Profesional de Ingeniería Civil



CM BIM - Cronograma con rendimientos en días - Bloque B							
Metodología:		BIM					
Cód	Producción	Actividades	Subactividades	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves
				04/01/2016	05/01/2016	06/01/2016	07/01/2016
BIM-P1B	Planos	Cimentaciones	Dibujo	0.0079 hh/m2			
BIM-P2B			Ensamblado	0.0029 hh/m2			
BIM-P3B			Revisión y corrección	0.0012 hh/m2			
BIM-P4B		Columnas	Dibujo	0.0080 hh/m2			
BIM-P5B			Ensamblado	0.0020 hh/m2			
BIM-P6B			Revisión y corrección	0.0012 hh/m2			
BIM-P7B		Vigas	Dibujo		0.0080 hh/m2		
BIM-P8B			Ensamblado		0.0014 hh/m2		
BIM-P9B			Revisión y corrección		0.0014 hh/m2		
BIM-P10B		Losas	Dibujo		0.0049 hh/m2		
BIM-P11B			Ensamblado			0.0011 hh/m2	
BIM-P12B			Revisión y corrección			0.0014 hh/m2	
BIM-P13B		Escaleras	Dibujo				
BIM-P14B			Ensamblado				
BIM-P15B			Revisión y corrección				
BIM-P16B		Tabiques	Dibujo			0.0027 hh/m2	
BIM-P17B			Ensamblado			0.0016 hh/m2	
BIM-P18B			Revisión y corrección			0.0020 hh/m2	
BIM-M19B	Metrados	Cimentaciones			0.0037 hh/m2		
BIM-M20B		Columnas			0.0032 hh/m2		
BIM-M21B		Losas			0.0009 hh/m2		
BIM-M22		Vigas			0.0023 hh/m2		
BIM-M23B		Escaleras					
BIM-M24B		Tabiques				0.0009 hh/m2	
BIM-M25B		Revisión y corrección				0.0092 hh/m2	

Fuente: Elaboración propia.

**c. RD - MT Bloque C**

Tabla 304: Rendimiento en dibujo de planos de cimentaciones BIM - C

Código	Viernes		
BIM-P1C	08/01/2016		
Ingeniero	1 h		
	0.12 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.80 h		
Área techada	112.75 m2		
Rend. Ingeniero	0.0011 hh/ m2		
Rend. Cadista / Modelador	0.0071 hh/ m2		
Rendimiento	0.0082 hh/ m2		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 305: Rendimiento en ensamblado de planos de cimentaciones BIM - C

Código	Viernes		
BIM-P2C	08/01/2016		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.30 h		
Área techada	112.75 m2		
Rend. Ingeniero	0.0000 hh/ m2		
Rend. Cadista / Modelador	0.0027 hh/ m2		
Rendimiento	0.0027 hh/ m2		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 306: Rendimiento en revisión y corrección de planos de cimentaciones BIM - C

Código	Viernes		
BIM-P3C	08/01/2016		
Ingeniero	1 h		
	0.03 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.12 h		
Área techada	112.75 m2		
Rend. Ingeniero	0.0003 hh/ m2		
Rend. Cadista / Modelador	0.0011 hh/ m2		
Rendimiento	0.0013 hh/ m2		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 307: Rendimiento en dibujo de planos de columnas BIM - C

Código	Viernes		
BIM-P4C	08/01/2016		
Ingeniero	1 h		
	0.17 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.72 h		
Área techada	112.75 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0015 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0064 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0079 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 308: Rendimiento en ensamblado de planos de columnas BIM - C

Código	Viernes		
BIM-P5C	08/01/2016		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.23 h		
Área techada	112.75 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0000 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0020 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0020 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 309: Rendimiento en revisión y corrección de planos de columnas BIM - C

Código	Viernes		
BIM-P6C	08/01/2016		
Ingeniero	1 h		
	0.08 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.07 h		
Área techada	112.75 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0007 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0006 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0013 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 310: Rendimiento en dibujo de planos de vigas BIM - C

Código	Viernes		
BIM-P7C	08/01/2016		
Ingeniero	1 h		
	0.28 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.65 h		
Área techada	112.75 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0025 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0058 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0082 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 311: Rendimiento en ensamblado de planos de vigas BIM - C

Código	Viernes		
BIM-P8C	08/01/2016		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.15 h		
Área techada	112.75 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0000 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0013 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0013 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 312: Rendimiento en revisión y corrección de planos de vigas BIM - C

Código	Viernes		
BIM-P9C	08/01/2016		
Ingeniero	1 h		
	0.07 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.08 h		
Área techada	112.75 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0006 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0007 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0013 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 313: Rendimiento en dibujo de planos de losas BIM - C

Código	Viernes		
BIM-P10C	08/01/2016		
Ingeniero	1 h		
	0.05 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.48 h		
Área techada	112.75 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0004 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0043 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0047 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 314: Rendimiento en ensamblado de planos de losas BIM - C

Código	Sábado		
BIM-P11C	09/01/2016		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.15 h		
Área techada	112.75 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0000 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0013 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0013 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 315: Rendimiento en revisión y corrección de planos de losas BIM - C

Código	Sábado		
BIM-P12C	09/01/2016		
Ingeniero	1 h		
	0.10 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.08 h		
Área techada	112.75 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0009 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0007 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0016 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 316: Rendimiento en dibujo de plano de tabiques BIM - C

Código	Sábado		
BIM-P16C	09/01/2016		
Ingeniero	1 h		
	0.15 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.17 h		
Área techada	112.75 m2		
Rend. Ingeniero	0.0013 hh/ m2		
Rend. Cadista / Modelador	0.0015 hh/ m2		
Rendimiento	0.0028 hh/ m2		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 317: Rendimiento en ensamblado de plano de tabiques BIM - C

Código	Sábado		
BIM-P17C	09/01/2016		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.17 h		
Área techada	112.75 m2		
Rend. Ingeniero	0.0000 hh/ m2		
Rend. Cadista / Modelador	0.0015 hh/ m2		
Rendimiento	0.0015 hh/ m2		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 318: Rendimiento en revisión y corrección de plano de tabiques BIM - C

Código	Sábado		
BIM-P18C	09/01/2016		
Ingeniero	1 h		
	0.08 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.13 h		
Área techada	112.75 m2		
Rend. Ingeniero	0.0007 hh/ m2		
Rend. Cadista / Modelador	0.0012 hh/ m2		
Rendimiento	0.0019 hh/ m2		

Fuente: Elaboración propia.



Tabla 319: Rendimiento en metrado de cimentaciones BIM - C

Código	Sábado		
BIM-M19C	09/01/2016		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.40 h		
Área techada	112.75 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0000 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0035 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0035 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 320: Rendimiento en metrado de columnas BIM - C

Código	Sábado		
BIM-M20C	09/01/2016		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.37 h		
Área techada	112.75 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0000 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0033 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0033 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 321: Rendimiento en metrado de losas BIM - C

Código	Sábado		
BIM-M21C	09/01/2016		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.12 h		
Área techada	112.75 m <sup>2</sup>		
Rend. Ingeniero	0.0000 hh/ m <sup>2</sup>		
Rend. Cadista / Modelador	0.0011 hh/ m <sup>2</sup>		
Rendimiento	0.0011 hh/ m <sup>2</sup>		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 322: Rendimiento en metrado de vigas BIM - C

Código	Sábado		
BIM-M22C	09/01/2016		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1		
	0.25 h		
Área techada	112.75 m2		
Rend. Ingeniero	0.0000 hh/ m2		
Rend. Cadista / Modelador	0.0022 hh/ m2		
Rendimiento	0.0022 hh/ m2		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 323: Rendimiento en metrado de tabiques BIM - C

Código	Sábado		
BIM-M24C	09/01/2016		
Ingeniero			
Cadista / Modelador	1 h		
	0.12 h		
Área techada	112.75 m2		
Rend. Ingeniero	0.0000 hh/ m2		
Rend. Cadista / Modelador	0.0011 hh/ m2		
Rendimiento	0.0011 hh/ m2		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 324: Rendimiento en revisión y corrección de metrados BIM - C

Código	Sábado		
BIM-M25C	09/01/2016		
Ingeniero	1 h		
	0.92 h		
Cadista / Modelador	1 h		
	0.17 h		
Área techada	112.75 m2		
Rend. Ingeniero	0.0082 hh/ m2		
Rend. Cadista / Modelador	0.0015 hh/ m2		
Rendimiento	0.0097 hh/ m2		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 325: Cronograma con rendimientos BIM - C

[ UAC ] Universidad Andina del Cusco  
 Facultad de Ingeniería y Arquitectura  
 Escuela Profesional de Ingeniería Civil



<b>CM BIM - Cronograma con rendimientos en días - Bloque C</b>					
Metodología:		BIM			
Cód	Producción	Actividades	Subactividades	Viernes	Sábado
				07/01/2016	08/01/2016
BIM-P1C	Pianos	Cimentaciones	Dibujo	0.0082 hh/m2	
BIM-P2C			Ensamblado	0.0027 hh/m2	
BIM-P3C			Revisión y corrección	0.0013 hh/m2	
BIM-P4C		Columnas	Dibujo	0.0079 hh/m2	
BIM-P5C			Ensamblado	0.0020 hh/m2	
BIM-P6C			Revisión y corrección	0.0013 hh/m2	
BIM-P7C		Vigas	Dibujo	0.0082 hh/m2	
BIM-P8C			Ensamblado	0.0013 hh/m2	
BIM-P9C			Revisión y corrección	0.0013 hh/m2	
BIM-P10C		Losas	Dibujo	0.0047 hh/m2	
BIM-P11C			Ensamblado		0.0013 hh/m2
BIM-P12C			Revisión y corrección		0.0016 hh/m2
BIM-P13C		Escaleras	Dibujo		
BIM-P14C			Ensamblado		
BIM-P15C			Revisión y corrección		
BIM-P16C		Tabiques	Dibujo		0.0028 hh/m2
BIM-P17C			Ensamblado		0.0015 hh/m2
BIM-P18C			Revisión y corrección		0.0019 hh/m2
BIM-M19C	Metrados	Cimentaciones		0.0035 hh/m2	
BIM-M20C		Columnas		0.0033 hh/m2	
BIM-M21C		Losas		0.0011 hh/m2	
BIM-M22C		Vigas		0.0022 hh/m2	
BIM-M23C		Escaleras			
BIM-M24C		Tabiques		0.0011 hh/m2	
BIM-M25C		Revisión y corrección		0.0097 hh/m2	

Fuente: Elaboración propia

**Eliminación de datos extremos:**

En el cálculo anterior, puede haber rendimientos muy alejados de los valores calculados, por lo que se podrá eliminar esos datos extremos para que no afecte el cálculo de la media aritmética.

**Proceso estadístico**

Cálculo de la media aritmética de los rendimientos netos:

$$\bar{R} = \sum_{i=1}^n \frac{Ri}{n_r}$$

Cálculo de la desviación estándar:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Ri - \bar{R})^2}{n_R - 1}}$$

Coefficiente de variación

$$Cv = \frac{\sigma}{|\bar{R}|} * 100\%$$

**Aplicación de factores**

Debido a que los tiempos empleados para el cálculo de rendimientos son netos, hay ciertos tiempos que se deben considerar para el uso por ejemplo de servicios higiénicos, coffee break, por lo tanto se tiene que afectar los rendimientos por un factor que considere dichos tiempos:

**Factor de incremento:**

$$Fi = \frac{Tc_h * 100\%}{(Hd_h - Tc_h)} = Fi\%$$

Donde:

$Fi$  = Factor de incremento en unidades de porcentaje (%).

$Tc$  = Tiempo consumido en otras actividades en unidades hora (h).

$Hd$  = Horas diarias de trabajo total en unidades hora (h).

Para el tiempo consumido  $Tc$  se considera:

- Coffee break matutino 0.08h
- Servicios higiénicos 0.25h
- Coffee break vespertino 0.08h

$Tc = 0.41h$



**Factor de incremento para este caso:**

$$Fi = \frac{Tc_h * 100\%}{(Hd_h - Tc_h)} = Fi\%$$

$$Fi = \frac{0.41_h * 100\%}{(8_h - 0.41_h)}$$

$$Fi = 5.40\%$$

**Rendimiento factorado:**

$$Rf = \bar{R} * (1 + Fi)$$

*Dónde:*

*Rf = Rendimiento factorado.*

*R = Media aritmética.*

*Fi = Factor de incremento.*



3.6.2 Diagramas y tablas

Tabla 326: Rendimiento neto, factorado y proceso estadístico - MT

[ UAC ] Universidad Andina del Cusco  
Facultad de Ingeniería y Arquitectura  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**MT - Rendimiento neto, rendimiento factorado y proceso estadístico**

Metodología:

Métodos tradicionales

Producción	Actividades	Subactividades		Rendimiento neto			Rendimiento factorado			Proceso estadístico		Rendimiento factorado con coeficiente de variación	
				Bloques			$\bar{R} = \sum_{i=1}^n \frac{Ri}{n_r}$	$Fi = \frac{Tc_h * 100\%}{(Hd_h - Tc_h)}$	$Rf = \bar{R} * (1 + Fi)$	$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Ri - \bar{R})^2}{n_R - 1}}$	$Cv = \frac{\sigma}{ \bar{R} } * 100\%$		
				Bloque A	Bloque B	Bloque C	Media Aritmetica	Factor de Incremento	Rendimiento factorado	Desviación Estandar	Coeficiente de Variación		
Pisos	Cimentaciones	Dibujo	PL Cim - Dib	0.0129 hh/m2	0.0123 hh/m2	0.0142 hh/m2	0.0131 hh/m2	5.40%	0.0138 hh/m2	0.0010 hh/m2	7.36%	0.0138 hh/m2 ± 7.36%	
		Ensamblado	PL Cim - Ens	0.0051 hh/m2	0.0050 hh/m2	0.0058 hh/m2	0.0053 hh/m2	5.40%	0.0056 hh/m2	0.0004 hh/m2	8.05%	0.0056 hh/m2 ± 8.05%	
		Revisión y corrección	PL Col - Rev	0.0084 hh/m2	0.0082 hh/m2	0.0089 hh/m2	0.0085 hh/m2	5.40%	0.0089 hh/m2	0.0004 hh/m2	4.15%	0.0089 hh/m2 ± 4.15%	
	Columnas	Dibujo	PL Col - Dib	0.0121 hh/m2	0.0116 hh/m2	0.0120 hh/m2	0.0119 hh/m2	5.40%	0.0125 hh/m2	0.0003 hh/m2	2.25%	0.0125 hh/m2 ± 2.25%	
		Ensamblado	PL Col - Ens	0.0028 hh/m2	0.0026 hh/m2	0.0024 hh/m2	0.0026 hh/m2	5.40%	0.0028 hh/m2	0.0002 hh/m2	8.28%	0.0028 hh/m2 ± 8.28%	
		Revisión y corrección	PL Col - Rev	0.0059 hh/m2	0.0058 hh/m2	0.0053 hh/m2	0.0057 hh/m2	5.40%	0.0060 hh/m2	0.0003 hh/m2	5.80%	0.0060 hh/m2 ± 5.80%	
	Vigas	Dibujo	PL Vig - Dib	0.0102 hh/m2	0.0107 hh/m2	0.0103 hh/m2	0.0104 hh/m2	5.40%	0.0109 hh/m2	0.0002 hh/m2	2.35%	0.0109 hh/m2 ± 2.35%	
		Ensamblado	PL Vig - Ens	0.0037 hh/m2	0.0033 hh/m2	0.0034 hh/m2	0.0035 hh/m2	5.40%	0.0037 hh/m2	0.0002 hh/m2	5.84%	0.0037 hh/m2 ± 5.84%	
		Revisión y corrección	PL Vig - Rev	0.0062 hh/m2	0.0069 hh/m2	0.0058 hh/m2	0.0063 hh/m2	5.40%	0.0066 hh/m2	0.0005 hh/m2	8.67%	0.0066 hh/m2 ± 8.67%	
	Losas	Dibujo	PL Los - Dib	0.0058 hh/m2	0.0051 hh/m2	0.0055 hh/m2	0.0055 hh/m2	5.40%	0.0058 hh/m2	0.0004 hh/m2	6.72%	0.0058 hh/m2 ± 6.72%	
		Ensamblado	PL Los - Ens	0.0024 hh/m2	0.0020 hh/m2	0.0022 hh/m2	0.0022 hh/m2	5.40%	0.0023 hh/m2	0.0002 hh/m2	7.85%	0.0023 hh/m2 ± 7.85%	
		Revisión y corrección	PL Los - Rev	0.0042 hh/m2	0.0038 hh/m2	0.0040 hh/m2	0.0040 hh/m2	5.40%	0.0042 hh/m2	0.0002 hh/m2	4.86%	0.0042 hh/m2 ± 4.86%	
	Escaleras	Dibujo	PL Esc - Dib	0.0058 hh/m2	-	-	0.0058 hh/m2	5.40%	0.0062 hh/m2	-	-	-	0.0062 hh/m2 ± -
		Ensamblado	PL Esc - Ens	0.0019 hh/m2	-	-	0.0019 hh/m2	5.40%	0.0020 hh/m2	-	-	-	0.0020 hh/m2 ± -
		Revisión y corrección	PL Esc - Rev	0.0032 hh/m2	-	-	0.0032 hh/m2	5.40%	0.0033 hh/m2	-	-	-	0.0033 hh/m2 ± -
Tabiques	Dibujo	PL Tab - Dib	0.0048 hh/m2	0.0044 hh/m2	0.0049 hh/m2	0.0047 hh/m2	5.40%	0.0050 hh/m2	0.0002 hh/m2	5.26%	0.0050 hh/m2 ± 5.26%		
	Ensamblado	PL Tab - Ens	0.0022 hh/m2	0.0021 hh/m2	0.0024 hh/m2	0.0022 hh/m2	5.40%	0.0024 hh/m2	0.0002 hh/m2	6.71%	0.0024 hh/m2 ± 6.71%		
	Revisión y corrección	PL Tab - Rev	0.0021 hh/m2	0.0018 hh/m2	0.0020 hh/m2	0.0020 hh/m2	5.40%	0.0021 hh/m2	0.0001 hh/m2	6.65%	0.0021 hh/m2 ± 6.65%		
Mezados	Cimentaciones	MT Cim	0.0086 hh/m2	0.0083 hh/m2	0.0093 hh/m2	0.0088 hh/m2	5.40%	0.0092 hh/m2	0.0005 hh/m2	5.64%	0.0092 hh/m2 ± 5.64%		
	Columnas	MT Col	0.0054 hh/m2	0.0052 hh/m2	0.0049 hh/m2	0.0051 hh/m2	5.40%	0.0054 hh/m2	0.0003 hh/m2	4.87%	0.0054 hh/m2 ± 4.87%		
	Losas	MT Los	0.0041 hh/m2	0.0039 hh/m2	0.0043 hh/m2	0.0041 hh/m2	5.40%	0.0043 hh/m2	0.0002 hh/m2	4.54%	0.0043 hh/m2 ± 4.54%		
	Vigas	MT Vig	0.0043 hh/m2	0.0040 hh/m2	0.0042 hh/m2	0.0042 hh/m2	5.40%	0.0044 hh/m2	0.0002 hh/m2	4.04%	0.0044 hh/m2 ± 4.04%		
	Escaleras	MT Esc	0.0019 hh/m2	-	-	0.0019 hh/m2	5.40%	0.0020 hh/m2	-	-	-	0.0020 hh/m2 ± -	
	Tabiques	MT Tab	0.0010 hh/m2	0.0010 hh/m2	0.0011 hh/m2	0.0010 hh/m2	5.40%	0.0011 hh/m2	0.0001 hh/m2	5.87%	0.0011 hh/m2 ± 5.87%		
	Revisión y corrección	MT Rev	0.0145 hh/m2	0.0134 hh/m2	0.0137 hh/m2	0.0139 hh/m2	5.40%	0.0146 hh/m2	0.0006 hh/m2	4.24%	0.0146 hh/m2 ± 4.24%		

Fuente: Elaboración propia.

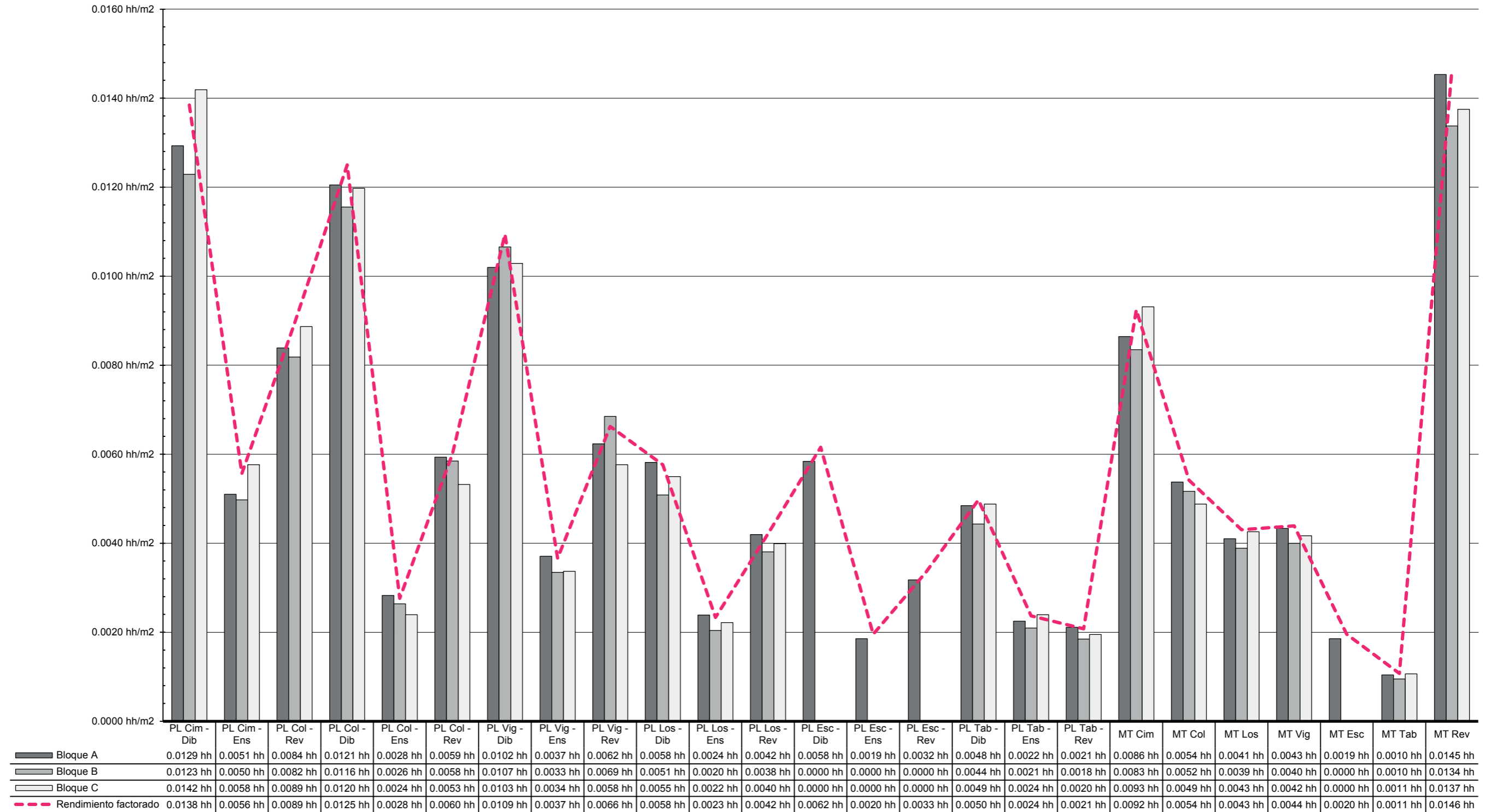


Figura 35: Comparación de rendimientos por subactividades - MT

Fuente: Elaboración propia.



Tabla 327: Rendimiento neto, factorado y proceso estadístico - BIM

[ UAC ] Universidad Andina del Cusco  
Facultad de Ingeniería y Arquitectura  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**BIM - Rendimiento neto, rendimiento factorado y proceso estadístico**

Metodología:

BIM

Producción	Actividades	Subactividades		Rendimiento neto			Rendimiento factorado			Proceso estadístico		Rendimiento factorado con coeficiente de variación	
				Bloques			$\bar{R} = \sum_{i=1}^n \frac{Ri}{n_r}$	$Fi = \frac{Tc_h * 100\%}{(Hd_h - Tc_h)}$	$Rf = \bar{R} * (1 + Fi)$	$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Ri - \bar{R})^2}{n_R - 1}}$	$Cv = \frac{\sigma}{ \bar{R} } * 100\%$		
				Bloque A	Bloque B	Bloque C	Media Aritmetica	Factor de Incremento	Rendimiento factorado	Desviación Estandar	Coeficiente de Variación		
Pisos	Cimentaciones	Dibujo	PL Cim - Dib	0.0088 hh/m2	0.0079 hh/m2	0.0082 hh/m2	0.0083 hh/m2	5.40%	0.0088 hh/m2	0.0005 hh/m2	5.43%	0.0088 hh/m2 ± 5.43%	
		Ensamblado	PL Cim - Ens	0.0028 hh/m2	0.0029 hh/m2	0.0027 hh/m2	0.0028 hh/m2	5.40%	0.0030 hh/m2	0.0001 hh/m2	4.52%	0.0030 hh/m2 ± 4.52%	
		Revisión y corrección	PL Col - Rev	0.0013 hh/m2	0.0012 hh/m2	0.0013 hh/m2	0.0013 hh/m2	5.40%	0.0014 hh/m2	0.0001 hh/m2	5.08%	0.0014 hh/m2 ± 5.08%	
	Columnas	Dibujo	PL Col - Dib	0.0076 hh/m2	0.0080 hh/m2	0.0079 hh/m2	0.0078 hh/m2	5.40%	0.0082 hh/m2	0.0002 hh/m2	3.08%	0.0082 hh/m2 ± 3.08%	
		Ensamblado	PL Col - Ens	0.0021 hh/m2	0.0020 hh/m2	0.0020 hh/m2	0.0021 hh/m2	5.40%	0.0022 hh/m2	0.0001 hh/m2	2.58%	0.0022 hh/m2 ± 2.58%	
		Revisión y corrección	PL Col - Rev	0.0013 hh/m2	0.0012 hh/m2	0.0013 hh/m2	0.0013 hh/m2	5.40%	0.0014 hh/m2	0.0001 hh/m2	7.60%	0.0014 hh/m2 ± 7.60%	
	Vigas	Dibujo	PL Vig - Dib	0.0079 hh/m2	0.0080 hh/m2	0.0082 hh/m2	0.0081 hh/m2	5.40%	0.0085 hh/m2	0.0002 hh/m2	2.09%	0.0085 hh/m2 ± 2.09%	
		Ensamblado	PL Vig - Ens	0.0014 hh/m2	0.0014 hh/m2	0.0013 hh/m2	0.0014 hh/m2	5.40%	0.0014 hh/m2	0.0001 hh/m2	4.00%	0.0014 hh/m2 ± 4.00%	
		Revisión y corrección	PL Vig - Rev	0.0013 hh/m2	0.0014 hh/m2	0.0013 hh/m2	0.0014 hh/m2	5.40%	0.0014 hh/m2	0.0001 hh/m2	4.40%	0.0014 hh/m2 ± 4.40%	
	Losas	Dibujo	PL Los - Dib	0.0051 hh/m2	0.0049 hh/m2	0.0047 hh/m2	0.0049 hh/m2	5.40%	0.0052 hh/m2	0.0002 hh/m2	4.09%	0.0052 hh/m2 ± 4.09%	
		Ensamblado	PL Los - Ens	0.0013 hh/m2	0.0011 hh/m2	0.0013 hh/m2	0.0013 hh/m2	5.40%	0.0013 hh/m2	0.0001 hh/m2	8.88%	0.0013 hh/m2 ± 8.88%	
		Revisión y corrección	PL Los - Rev	0.0015 hh/m2	0.0014 hh/m2	0.0016 hh/m2	0.0015 hh/m2	5.40%	0.0016 hh/m2	0.0001 hh/m2	6.07%	0.0016 hh/m2 ± 6.07%	
	Escaleras	Dibujo	PL Esc - Dib	0.0054 hh/m2	-	-	0.0054 hh/m2	5.40%	0.0057 hh/m2	-	-	-	0.0057 hh/m2 ± -
		Ensamblado	PL Esc - Ens	0.0016 hh/m2	-	-	0.0016 hh/m2	5.40%	0.0016 hh/m2	-	-	-	0.0016 hh/m2 ± -
		Revisión y corrección	PL Esc - Rev	0.0012 hh/m2	-	-	0.0012 hh/m2	5.40%	0.0012 hh/m2	-	-	-	0.0012 hh/m2 ± -
Tabiques	Dibujo	PL Tab - Dib	0.0029 hh/m2	0.0027 hh/m2	0.0028 hh/m2	0.0028 hh/m2	5.40%	0.0030 hh/m2	0.0001 hh/m2	2.59%	0.0030 hh/m2 ± 2.59%		
	Ensamblado	PL Tab - Ens	0.0017 hh/m2	0.0016 hh/m2	0.0015 hh/m2	0.0016 hh/m2	5.40%	0.0017 hh/m2	0.0001 hh/m2	5.84%	0.0017 hh/m2 ± 5.84%		
	Revisión y corrección	PL Tab - Rev	0.0021 hh/m2	0.0020 hh/m2	0.0019 hh/m2	0.0020 hh/m2	5.40%	0.0021 hh/m2	0.0001 hh/m2	5.65%	0.0021 hh/m2 ± 5.65%		
Metrados	Cimentaciones	MT Cim	0.0041 hh/m2	0.0037 hh/m2	0.0035 hh/m2	0.0038 hh/m2	5.40%	0.0040 hh/m2	0.0003 hh/m2	7.05%	0.0040 hh/m2 ± 7.05%		
	Columnas	MT Col	0.0031 hh/m2	0.0032 hh/m2	0.0033 hh/m2	0.0032 hh/m2	5.40%	0.0033 hh/m2	0.0001 hh/m2	3.51%	0.0033 hh/m2 ± 3.51%		
	Losas	MT Los	0.0010 hh/m2	0.0009 hh/m2	0.0011 hh/m2	0.0010 hh/m2	5.40%	0.0011 hh/m2	0.0001 hh/m2	9.08%	0.0011 hh/m2 ± 9.08%		
	Vigas	MT Vig	0.0025 hh/m2	0.0023 hh/m2	0.0022 hh/m2	0.0023 hh/m2	5.40%	0.0025 hh/m2	0.0002 hh/m2	6.65%	0.0025 hh/m2 ± 6.65%		
	Escaleras	MT Esc	0.0013 hh/m2	-	-	0.0013 hh/m2	5.40%	0.0014 hh/m2	-	-	-	0.0014 hh/m2 ± -	
	Tabiques	MT Tab	0.0010 hh/m2	0.0009 hh/m2	0.0011 hh/m2	0.0010 hh/m2	5.40%	0.0010 hh/m2	0.0001 hh/m2	8.55%	0.0010 hh/m2 ± 8.55%		
	Revisión y corrección	MT Rev	0.0090 hh/m2	0.0092 hh/m2	0.0097 hh/m2	0.0093 hh/m2	5.40%	0.0098 hh/m2	0.0003 hh/m2	3.53%	0.0098 hh/m2 ± 3.53%		

Fuente: Elaboración propia.



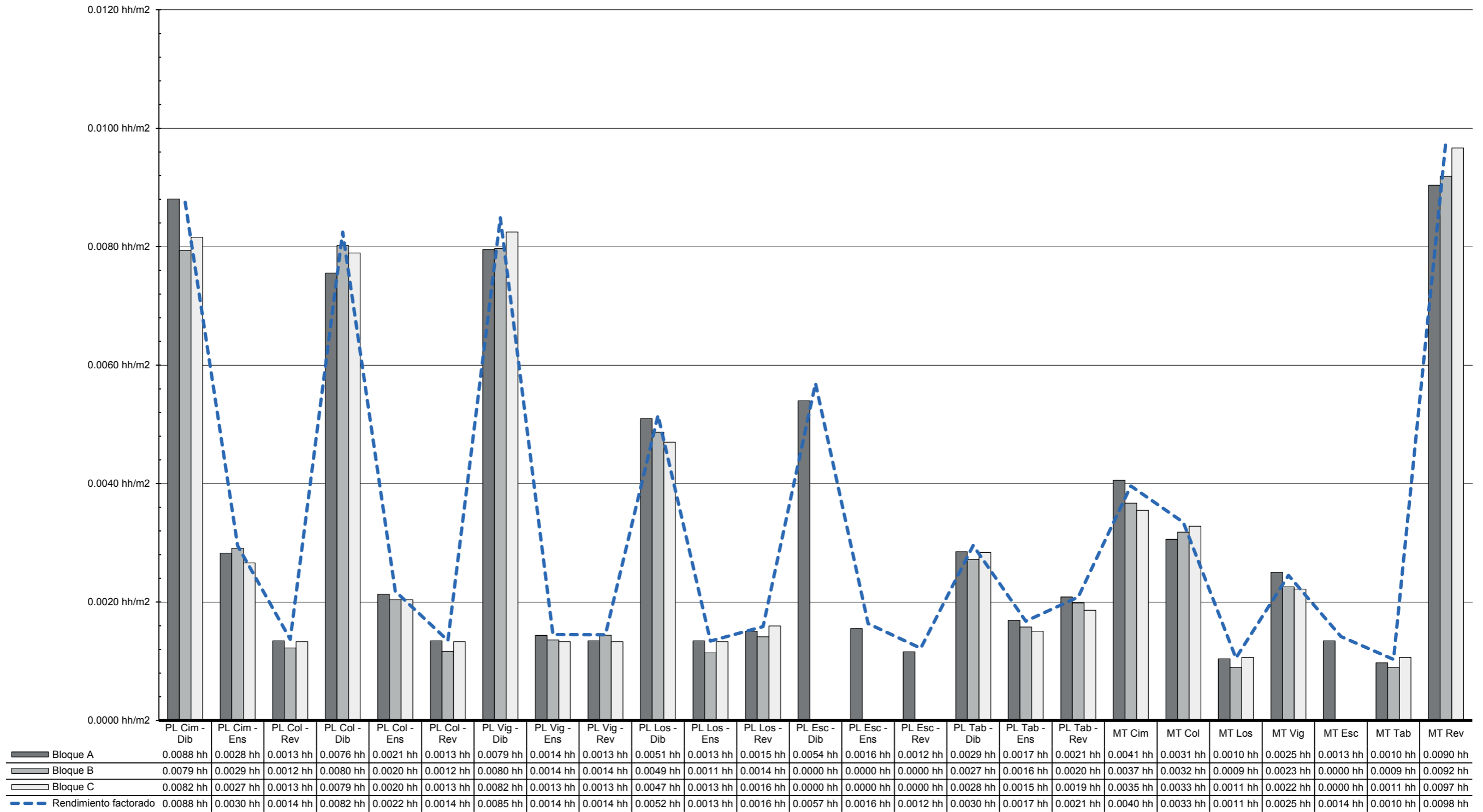


Figura 36: Comparación de rendimientos por subactividades - BIM

Fuente: Elaboración propia.

3.6.3 Análisis de prueba

Tabla 328: Resultado de rendimientos factorado de subactividades MT

[ UAC ] Universidad Andina del Cusco  
 Facultad de Ingeniería y Arquitectura  
 Escuela Profesional de Ingeniería Civil



MT - Rendimiento factorado					
Producción	Actividades	Subactividades		Métodos tradicionales	
				Rendimiento factorado MT	Subtotal rendimiento factorado MT por producción
Planos	Cimentaciones	Dibujo	PL Cim - Dib	0.0138 hh/m <sup>2</sup>	0.1040 hh/m <sup>2</sup>
		Ensamblado	PL Cim - Ens	0.0056 hh/m <sup>2</sup>	
		Revisión y corrección	PL Cim - Rev	0.0089 hh/m <sup>2</sup>	
	Columnas	Dibujo	PL Col - Dib	0.0125 hh/m <sup>2</sup>	
		Ensamblado	PL Col - Ens	0.0028 hh/m <sup>2</sup>	
		Revisión y corrección	PL Col - Rev	0.0060 hh/m <sup>2</sup>	
	Vigas	Dibujo	PL Vig - Dib	0.0109 hh/m <sup>2</sup>	
		Ensamblado	PL Vig - Ens	0.0037 hh/m <sup>2</sup>	
		Revisión y corrección	PL Vig - Rev	0.0066 hh/m <sup>2</sup>	
	Losas	Dibujo	PL Los - Dib	0.0058 hh/m <sup>2</sup>	
		Ensamblado	PL Los - Ens	0.0023 hh/m <sup>2</sup>	
		Revisión y corrección	PL Los - Rev	0.0042 hh/m <sup>2</sup>	
	Escaleras	Dibujo	PL Esc - Dib	0.0062 hh/m <sup>2</sup>	
		Ensamblado	PL Esc - Ens	0.0020 hh/m <sup>2</sup>	
		Revisión y corrección	PL Esc - Rev	0.0033 hh/m <sup>2</sup>	
Tabiques	Dibujo	PL Tab - Dib	0.0050 hh/m <sup>2</sup>		
	Ensamblado	PL Tab - Ens	0.0024 hh/m <sup>2</sup>		
	Revisión y corrección	PL Tab - Rev	0.0021 hh/m <sup>2</sup>		
Metrados	Cimentaciones	MT Cim	0.0092 hh/m <sup>2</sup>	0.0410 hh/m <sup>2</sup>	
	Columnas	MT Col	0.0054 hh/m <sup>2</sup>		
	Losas	MT Los	0.0043 hh/m <sup>2</sup>		
	Vigas	MT Vig	0.0044 hh/m <sup>2</sup>		
	Escaleras	MT Esc	0.0020 hh/m <sup>2</sup>		
	Tabiques	MT Tab	0.0011 hh/m <sup>2</sup>		
	Revisión y corrección	MT Rev	0.0146 hh/m <sup>2</sup>		
Total rendimiento factorado MT				0.1450 hh/m <sup>2</sup>	

Fuente: Elaboración propia.

*Comentario:*

Apartir de la Tabla 315 podemos distinguir las variaciones de los rendimientos a lo largo de todas las subactividades usando métodos tradicionales.

Se distingue que en la producción de planos, específicamente las subactividades de dibujo en su totalidad tienden a requerir más hh/m<sup>2</sup> en comparación con subactividades como revisión y corrección o ensamblado.

De todas las subactividades la revisión y corrección de metrados es la que requiere más hh/m<sup>2</sup> con 0.0146 hh/m<sup>2</sup>.

Así mismo la subactividad que requiere menos hh/m<sup>2</sup> es metrado de tabiques con 0.0011 hh/m<sup>2</sup>.

A partir de la Figura 66 si analizamos las variaciones de los rendimientos podemos observar que por cada actividad, siempre tienden a requerir más hh/m<sup>2</sup> la subactividad de dibujo, seguido de la subactividad de revisión y corrección y finalmente la subactividad de ensamblado en lo que compete a la producción de planos.

Y respecto a la producción de metrados la subactividad de revisión y corrección tiende a requerir más hh/m<sup>2</sup> seguido de la subactividad de metrado de cimentaciones.

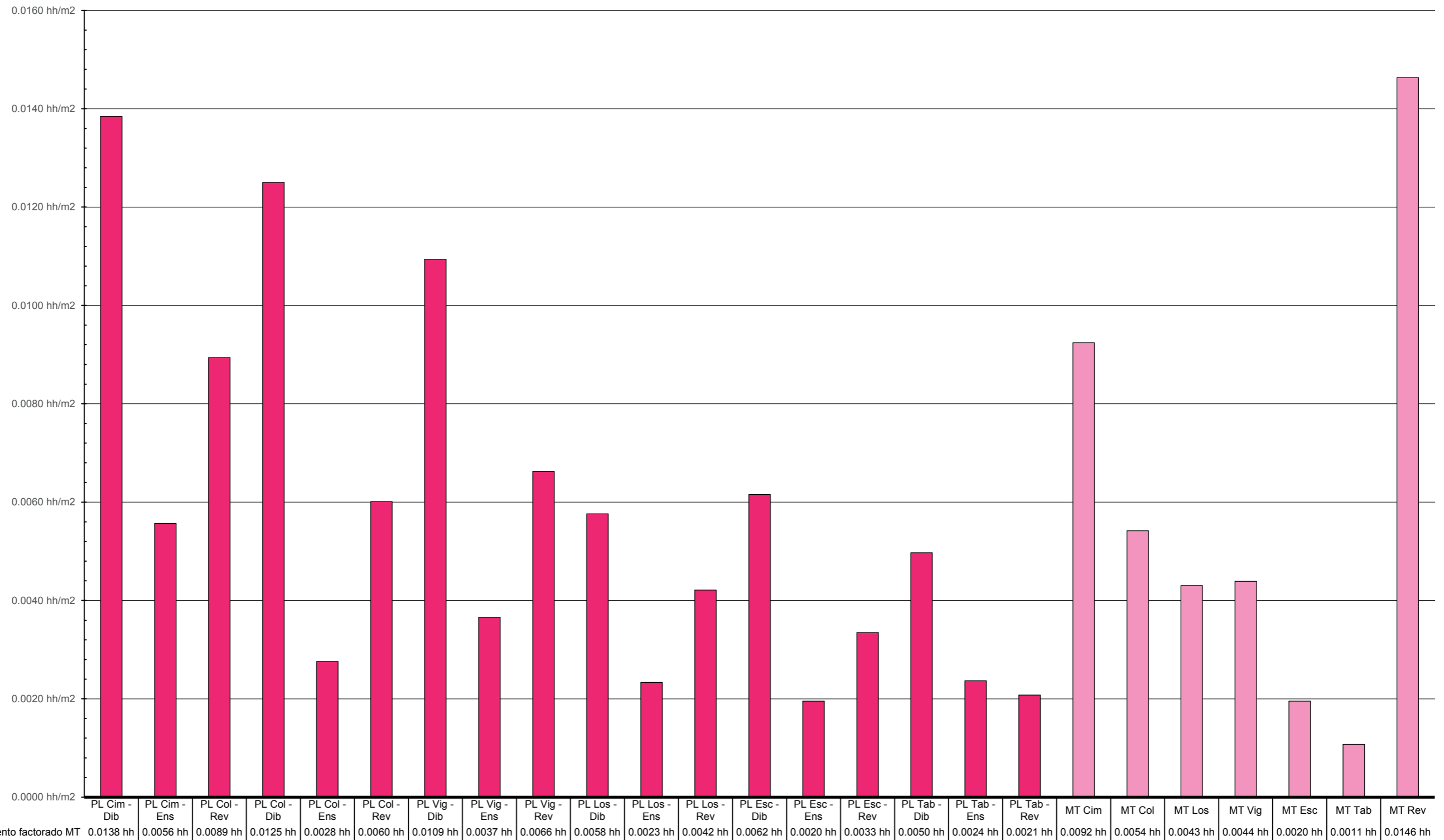


Figura 37: Resultado de rendimientos factorado de subactividades MT

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 329: Resultado de rendimientos factorado de subactividades BIM

[ UAC ] Universidad Andina del Cusco  
Facultad de Ingeniería y Arquitectura  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



BIM - Rendimiento factorado					
Producción	Actividades	Subactividades		BIM	
				Rendimiento factorado BIM	Subtotal rendimiento factorado BIM por producción
Planos	Cimentaciones	Dibujo	PL Cim - Dib	0.0088 hh/m <sup>2</sup>	0.0596 hh/m <sup>2</sup>
		Ensamblado	PL Cim - Ens	0.0030 hh/m <sup>2</sup>	
		Revisión y corrección	PL Col - Rev	0.0014 hh/m <sup>2</sup>	
	Columnas	Dibujo	PL Col - Dib	0.0082 hh/m <sup>2</sup>	
		Ensamblado	PL Col - Ens	0.0022 hh/m <sup>2</sup>	
		Revisión y corrección	PL Col - Rev	0.0014 hh/m <sup>2</sup>	
	Vigas	Dibujo	PL Vig - Dib	0.0085 hh/m <sup>2</sup>	
		Ensamblado	PL Vig - Ens	0.0014 hh/m <sup>2</sup>	
		Revisión y corrección	PL Vig - Rev	0.0014 hh/m <sup>2</sup>	
	Losas	Dibujo	PL Los - Dib	0.0052 hh/m <sup>2</sup>	
		Ensamblado	PL Los - Ens	0.0013 hh/m <sup>2</sup>	
		Revisión y corrección	PL Los - Rev	0.0016 hh/m <sup>2</sup>	
	Escaleras	Dibujo	PL Esc - Dib	0.0057 hh/m <sup>2</sup>	
		Ensamblado	PL Esc - Ens	0.0016 hh/m <sup>2</sup>	
		Revisión y corrección	PL Esc - Rev	0.0012 hh/m <sup>2</sup>	
	Tabiques	Dibujo	PL Tab - Dib	0.0030 hh/m <sup>2</sup>	
		Ensamblado	PL Tab - Ens	0.0017 hh/m <sup>2</sup>	
		Revisión y corrección	PL Tab - Rev	0.0021 hh/m <sup>2</sup>	
	Cimentaciones	MT Cim	0.0040 hh/m <sup>2</sup>	0.0231 hh/m <sup>2</sup>	
	Columnas	MT Col	0.0033 hh/m <sup>2</sup>		
	Losas	MT Los	0.0011 hh/m <sup>2</sup>		
	Vigas	MT Vig	0.0025 hh/m <sup>2</sup>		
	Escaleras	MT Esc	0.0014 hh/m <sup>2</sup>		
	Tabiques	MT Tab	0.0010 hh/m <sup>2</sup>		
	Revisión y corrección	MT Rev	0.0098 hh/m <sup>2</sup>		
Total rendimiento factorado BIM				0.0826 hh/m <sup>2</sup>	

Fuente: Elaboración propia.

*Comentario:*

Apartir de la Tabla 316 podemos distinguir las variaciones de los rendimientos a lo largo de todas las subactividades usando la metodología de trabajo BIM.

Se distingue que en la producción de planos, específicamente las subactividades de dibujo en su totalidad tienden a requerir más hh/m<sup>2</sup>.

De todas las subactividades la revisión y corrección de metrados es la que requiere más hh/m<sup>2</sup> con 0.0098 hh/m<sup>2</sup>.

Así mismo la subactividad que requiere menos hh/m<sup>2</sup> es metrado de tabiques con 0.0010 hh/m<sup>2</sup>.

A partir de la Figura 67 si analizamos las variaciones de los rendimientos podemos observar que por cada actividad, siempre tienden a requerir más hh/m<sup>2</sup> la subactividad de dibujo, seguido de ensamblado y finalmente la subactividad de revisión y corrección en lo que compete a la producción de planos.

Y respecto a la producción de metrados la subactividad de revisión y corrección tiende a requerir más hh/m<sup>2</sup> seguido de la subactividad de metrado de cimentaciones.

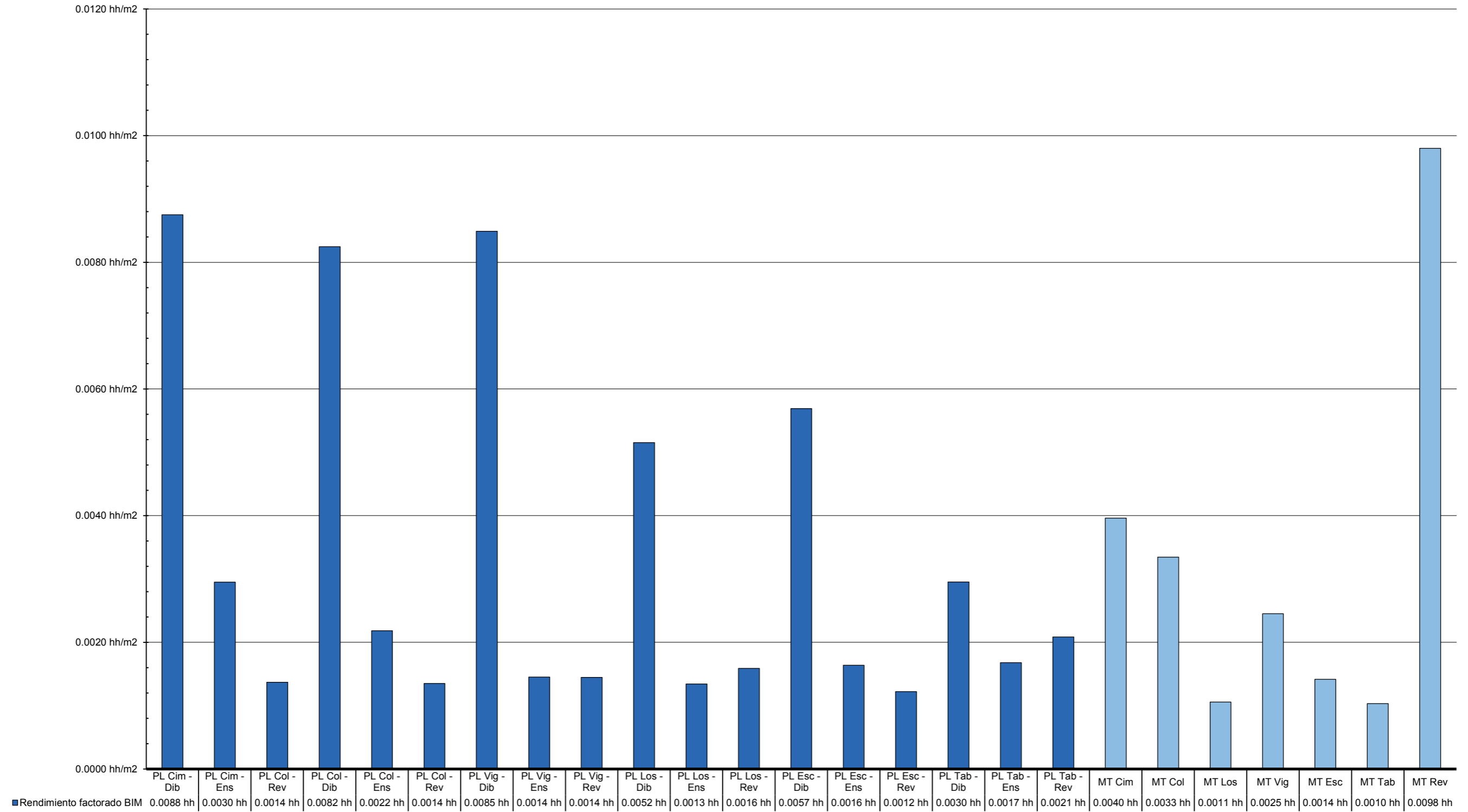


Figura 38: Resultado de rendimientos factorado de subactividades BIM

Fuente: Elaboración propia.

### 3.6.4 Resultados

#### 3.6.4.1 Análisis de datos para la obtención de rendimientos

Tabla 330: Comparación de rendimiento factorado de subactividades por metodologías.

[ UAC ] Universidad Andina del Cusco  
Facultad de Ingeniería y Arquitectura  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



MT vs BIM - Rendimiento factorado					
Producción	Actividades	Subactividades		Métodos tradicionales	BIM
				Rendimiento factorado MT	Rendimiento factorado BIM
Planos	Cimentaciones	Dibujo	PL Cim - Dib	0.0138 hh/m <sup>2</sup>	0.0088 hh/m <sup>2</sup>
		Ensamblado	PL Cim - Ens	0.0056 hh/m <sup>2</sup>	0.0030 hh/m <sup>2</sup>
		Revisión y corrección	PL Col - Rev	0.0089 hh/m <sup>2</sup>	0.0014 hh/m <sup>2</sup>
	Columnas	Dibujo	PL Col - Dib	0.0125 hh/m <sup>2</sup>	0.0082 hh/m <sup>2</sup>
		Ensamblado	PL Col - Ens	0.0028 hh/m <sup>2</sup>	0.0022 hh/m <sup>2</sup>
		Revisión y corrección	PL Col - Rev	0.0060 hh/m <sup>2</sup>	0.0014 hh/m <sup>2</sup>
	Vigas	Dibujo	PL Vig - Dib	0.0109 hh/m <sup>2</sup>	0.0085 hh/m <sup>2</sup>
		Ensamblado	PL Vig - Ens	0.0037 hh/m <sup>2</sup>	0.0014 hh/m <sup>2</sup>
		Revisión y corrección	PL Vig - Rev	0.0066 hh/m <sup>2</sup>	0.0014 hh/m <sup>2</sup>
	Losas	Dibujo	PL Los - Dib	0.0058 hh/m <sup>2</sup>	0.0052 hh/m <sup>2</sup>
		Ensamblado	PL Los - Ens	0.0023 hh/m <sup>2</sup>	0.0013 hh/m <sup>2</sup>
		Revisión y corrección	PL Los - Rev	0.0042 hh/m <sup>2</sup>	0.0016 hh/m <sup>2</sup>
	Escaleras	Dibujo	PL Esc - Dib	0.0062 hh/m <sup>2</sup>	0.0057 hh/m <sup>2</sup>
		Ensamblado	PL Esc - Ens	0.0020 hh/m <sup>2</sup>	0.0016 hh/m <sup>2</sup>
		Revisión y corrección	PL Esc - Rev	0.0033 hh/m <sup>2</sup>	0.0012 hh/m <sup>2</sup>
	Tabiques	Dibujo	PL Tab - Dib	0.0050 hh/m <sup>2</sup>	0.0030 hh/m <sup>2</sup>
		Ensamblado	PL Tab - Ens	0.0024 hh/m <sup>2</sup>	0.0017 hh/m <sup>2</sup>
		Revisión y corrección	PL Tab - Rev	0.0021 hh/m <sup>2</sup>	0.0021 hh/m <sup>2</sup>
Metrados	Cimentaciones	MT Cim	0.0092 hh/m <sup>2</sup>	0.0040 hh/m <sup>2</sup>	
	Columnas	MT Col	0.0054 hh/m <sup>2</sup>	0.0033 hh/m <sup>2</sup>	
	Losas	MT Los	0.0043 hh/m <sup>2</sup>	0.0011 hh/m <sup>2</sup>	
	Vigas	MT Vig	0.0044 hh/m <sup>2</sup>	0.0025 hh/m <sup>2</sup>	
	Escaleras	MT Esc	0.0020 hh/m <sup>2</sup>	0.0014 hh/m <sup>2</sup>	
	Tabiques	MT Tab	0.0011 hh/m <sup>2</sup>	0.0010 hh/m <sup>2</sup>	
	Revisión y corrección	MT Rev	0.0146 hh/m <sup>2</sup>	0.0098 hh/m <sup>2</sup>	
Rendimiento factorado total				0.1450 hh/m <sup>2</sup>	0.0826 hh/m <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia.



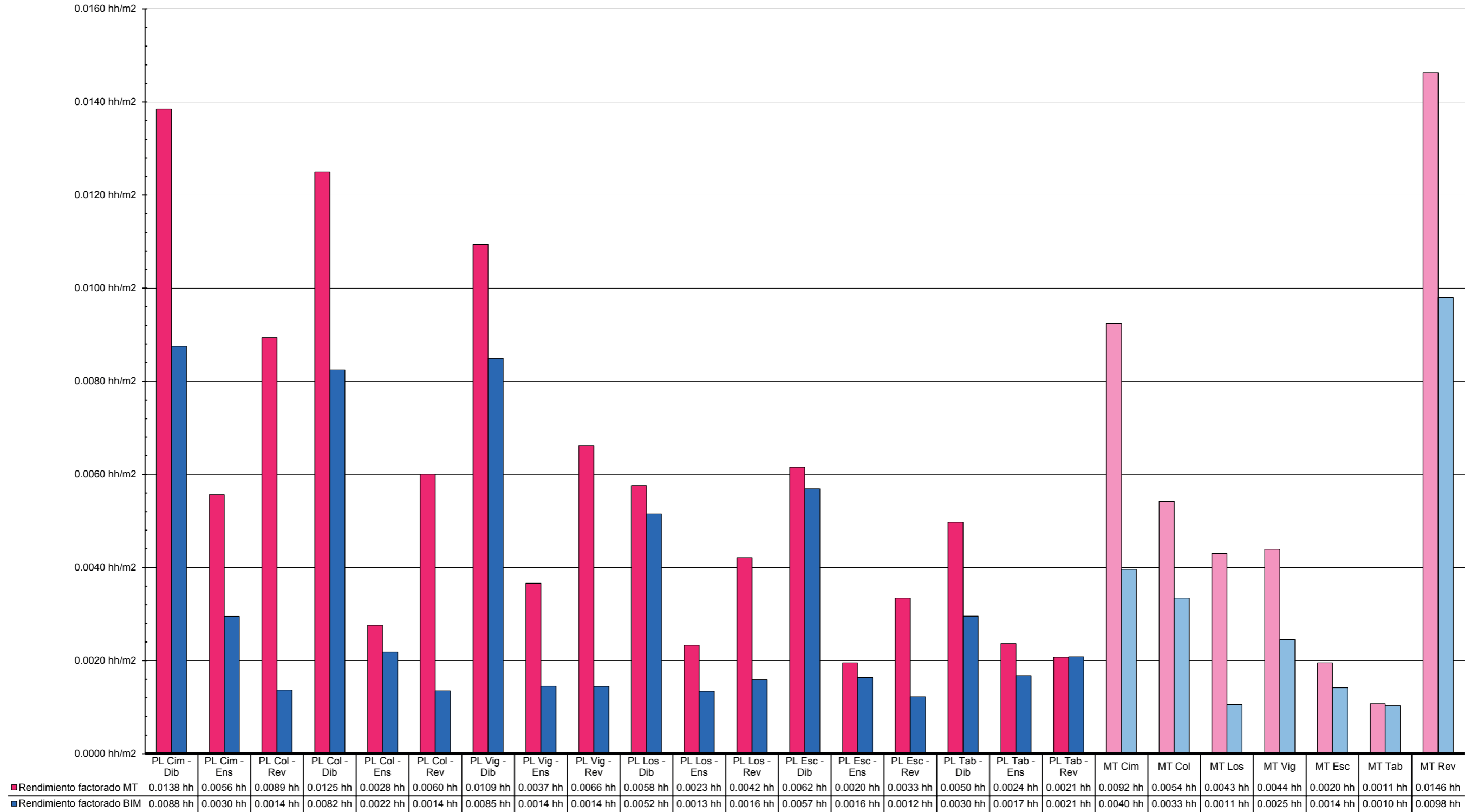


Figura 39: Comparación de rendimiento factorado de subactividades por metodologías.

Fuente: Elaboración propia.

El cuadro resumen y el gráfico anteriormente mostrado corresponde a la comparación de rendimientos factorados por subactividades de la producción de planos y metrados usando las dos metodologías

A continuación se puede observar la comparación los rendimientos factorados obtenidos por la producción de planos y metrados:

Tabla 331: Comparación de rendimientos factorado por producción

<b>Producción</b>	<b>Métodos tradicionales</b>	<b>BIM</b>
	Rendimiento factorado MT	Rendimiento factorado BIM
Planos	0.1040 hh/m <sup>2</sup>	0.0596 hh/m <sup>2</sup>
Metrados	0.0410 hh/m <sup>2</sup>	0.0231 hh/m <sup>2</sup>
Total	0.1450 hh/m <sup>2</sup>	0.0826 hh/m <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia.

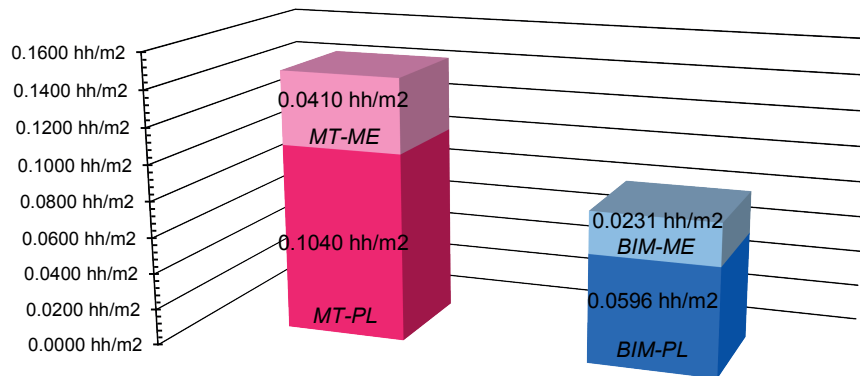


Figura 40: Comparación de rendimientos factorado por producción.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se puede observar la comparación de los rendimientos totales factorados obtenidos usando las dos metodologías:

Tabla 332: Comparación de rendimientos factorado por metodologías

	<b>Métodos tradicionales</b>	<b>BIM</b>
	Rendimiento factorado MT	Rendimiento factorado BIM
Total	0.1450 hh/m <sup>2</sup>	0.0826 hh/m <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia.

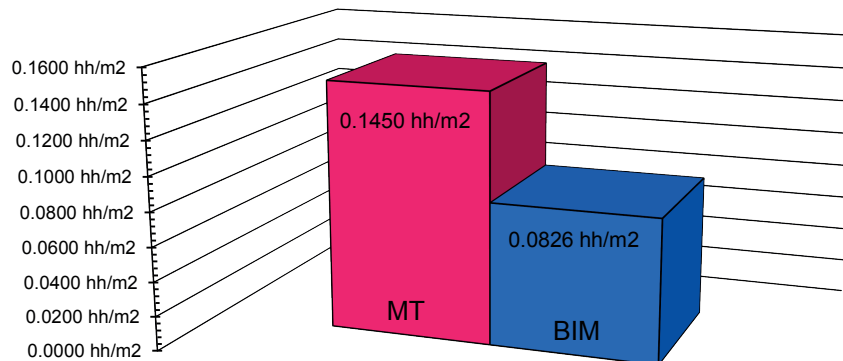


Figura 41: Comparación de rendimientos factorado por metodologías.

Fuente: Elaboración propia.

## 4. Discusión

### - Discusión N°1 ¿Cuáles son los contrastes al implementar BIM entre la etapa de diseño y la etapa de construcción?

Podemos encontrar que la implementación de la metodología de trabajo BIM de la investigación de Alcántara Rojas (2013) se realizó en etapas de construcción.

Por el contrario la investigación se realizó la implementación en etapas de diseño, un área donde se ha investigado poco y donde se encuentran escasas investigaciones.

Es preciso investigar con mayor interés en etapas de diseño que es donde comienza la cadena.

Pues de lo contrario si se implementa la metodología BIM solamente en etapas de construcción siempre existirá una codependencia con las metodologías tradicionales caso CAD, pues por ejemplo si se modelaría un proyecto en BIM se seguiría utilizando los planos en CAD como referencia para hacer el modelado, haciéndose una duplicidad de trabajo.

Sin embargo, la investigación se da una solución de una implementación desde la etapa de diseño donde no solamente se realizó un modelado de la geometría del proyecto sino que utiliza todo el potencial de la metodología de trabajo BIM pues incluso se llega a la producción de planos y metrados, reemplazando los métodos tradiciones para esta actividad.

Además, brinda un modelo 3D BIM del proyecto apto para la etapa de construcción es decir, eliminando la codependencia y dota de mayores beneficios, pues recordemos que la metodología incluye principios sin desperdicios y mejoras de la productividad.

**- Discusión N°2.- ¿Influye la determinación del tipo de proyecto de edificación y la etapa en la que se realizó la implementación?**

Tabla 333: Análisis de rendimientos BIM con antecedentes.

<b>BIM Marcan</b>	<b>BIM IMTEK</b>
Roberto Salinas & Ulloa Román (2014)	Rojas Sacatuma (2017)
Proyectos inmobiliarios	Proyecto de infraestructura educativa
1. Modelado de especialidad de estructura y arquitectura	1. Modelado de especialidad de estructura. 2. Producción de planos y metrados
0.0580 hh/m2	0.0826 hh/m2

Fuente: Elaboración propia.

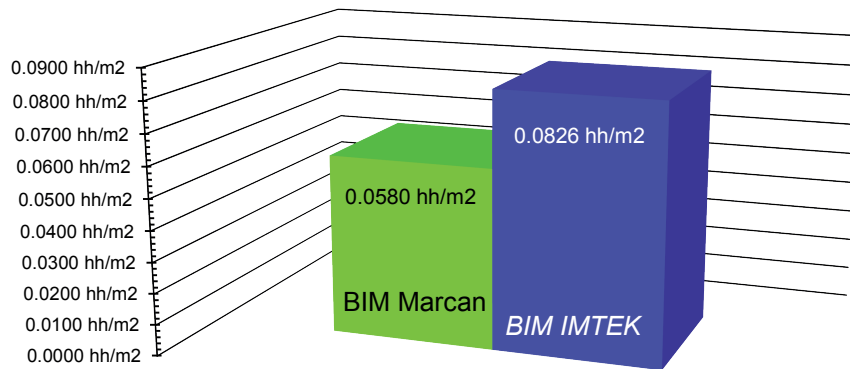


Figura 42: Análisis de rendimientos BIM con antecedentes.

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a resultados numéricos específicamente métricas de productividad, en la Tabla 333 y Figura 43 podemos apreciar el análisis de rendimientos, datos obtenido de la investigación "Implementación de BIM en Proyectos Inmobiliarios en la empresa Marcan" de Roberto Salinas & Ulloa Román (2014).

Se muestra que la investigación requiere más hh/m2 en comparación con el antecedente.

Cabe indicar que a pesar de que las dos investigaciones presentan un rendimiento en misma unidades, usando la misma metodología de trabajo y en la misma especialidad, sería erróneo compararlos como un dato absoluto definitivamente pues cada investigación presente sus limitaciones.

Limitaciones como el tipo de proyecto en los cuales se realizó, la investigación del antecedente fue realizada en proyectos inmobiliarios, mientras que la investigación actual fue en proyectos de infraestructura educativa, además las implementaciones se realizaron en diferentes etapas, la investigación actual

se usó en la etapa de diseño para la producción de planos y metrados , mientras que la investigación del antecedente se utilizó para la etapa de construcción en la detección de interferencias, donde se generó un modelo 3D BIM y en etapa de diseño para obtener información del modelo como volúmenes metrados u otros datos geométricos.

**- Discusión N°3.- ¿Los resultados de la implementación BIM brindarán beneficios principalmente a largo plazo?**

Aliaga Melo (2012) comenta que el proceso de adaptación a la metodología de trabajo BIM muestra beneficios a largo plazo y manifiesta que tener una visión cortoplacista o buscar beneficios inmediatos no es útil en este proceso. Sin embargo, Mordue, Swaddle, & Philp (2016) comenta que durante el proceso de maduración BIM se requiere tener una perspectiva de económica y de negocios, por cada etapa de maduración debe existir un plazo, el cual al finalizarlo debe mostrar mejoras, el gasto de inversión en un plazo siempre debe generar beneficios.

**- Discusión N°4.- ¿Por qué se debe considerar al BIM como una metodología de trabajo?**

Es reiterativo el uso del término "metodología de trabajo BIM" alrededor de la investigación, pues se pretende aclarar el concepto que el BIM.

No se debe comprender al BIM como el uso de un software, sino como toda una metodología de trabajo, la cual se compone por tres campos donde solamente uno es la tecnología, considerándose igual de importantes el campo de procesos y el campo de políticas.

Es importante que se mantenga estos conceptos pues de ellos dependerá el buen desempeño de la implementación. Este concepto es reiterado en los antecedentes con la investigación Succar (2013). Y es ampliamente tratado alrededor de la investigación donde se desglosan sus conceptos, se comenta su importancia y cuales son las mejoras.



**- Discusión N°5.- ¿Existen variaciones respecto a las métricas de rendimientos entre las metodologías respecto a la producción de planos?**

Podemos distinguir las variaciones de los rendimientos a lo largo de todas las actividades usando los métodos tradicionales y la metodología de trabajo BIM.

Si analizamos las variaciones de los rendimientos podemos observar que usando los métodos tradicionales siempre tienden a requerir más hh/m<sup>2</sup> respecto a la metodología de trabajo de BIM

Estas variaciones se repiten si disgregamos los rendimientos por la producción de planos y metrados.

Sin embargo, si analizamos las variaciones de los rendimientos por subactividad comparándolas entre metodologías, obtenemos variaciones interesantes.

En la producción de planos usando métodos tradicionales se requiere más hh/m<sup>2</sup> en las subactividades de dibujo, seguido de revisión / corrección y finalmente el ensamblado.

Mientras que en la misma producción de planos pero usando la metodología de trabajo BIM se requiere más hh/m<sup>2</sup> en las subactividades de dibujo, seguido de ensamblado y finalmente las subactividades de revisión y corrección en lo que compete a la producción de planos.

La interpretación de este resultado es que se requieren menos hh/m<sup>2</sup> en la subactividad de revisión y corrección usando BIM referente a los métodos tradicionales pues recordemos que la subactividad consiste en la revisión y corrección de errores humanos que pueden generar incompatibilidad en los planos, debido a que en el BIM se extraen del modelo 3D las vistas necesarias, se reducen notablemente los errores humanos respecto a fallas de dibujo o incompatibilidad entre cortes y sección.

**- Discusión N°6.- ¿Existen variaciones respecto a las métricas de rendimientos entre las metodologías respecto a la producción de metrados?**

Respecto a la producción de metrados usando la metodología de trabajo BIM en general se requiere menos hh/m<sup>2</sup> respecto a métodos tradicionales, la interpretación de los resultados es que el modelo 3D BIM genera los metrados de manera automática y dinámica, cuando se modela un elemento no solo se representa la geometría en 3D sino que se crea un elemento con información paramétrica es decir se le añaden las propiedades de materialidad, cantidad, propiedades físicas, costo u algún tipo de característica.

**- Discusión N°7.- ¿Cuál es la importancia de implementar una metodología de trabajo con una visión integral y a largo plazo?**

La importancia de innovar empleando metodologías integrales, que trabajen en diferentes campos, no solo empleando el uso de un software o tecnología sino con un enfoque más holístico como es el de mejorar los campos de procesos desarrollando flujos de trabajo eficientes y desarrollar el campo de los protocolos estableciendo normas o estandarizando documentación en uso.

Y que además que estas metodologías deben brindarnos flexibilidad en su uso de acuerdo a las etapas de maduración que implementemos, es decir que nosotros podamos utilizarlo en cualquier etapa de maduración sin necesidad de tener que migrar a otra plataforma cuando hayamos escalado a una siguiente etapa. Se debe asegurar que la metodología que se adopte sea la adecuada para mejorar la gestión de la información en los procesos.

**- Discusión N°8.- ¿Porqué es importante la obtención de métricas de rendimientos?**

La presente investigación servirá como información publicada y verificada, nos permite tomar las decisiones de implementar la metodología de trabajo BIM basadas en criterios cuantitativos (métricas de rendimientos). En comparación con criterios cualitativos que muchas veces pueden ser subjetivos.

Asimismo, se ha desarrollado una base de rendimientos por actividades que tienen un uso práctico para la estimación de tiempos. Considerando que este indicador se puede retroalimentar realizando investigaciones en otro tipo de proyectos de edificación pero empleando la misma metodología de recolección y procesamiento de datos para medir la productividad en fases de diseño.

Pues recordemos que la aplicación de la metodología de trabajo BIM no solo abarca el especialidad estructural sino también el de otras especialidades, como la de arquitectura o instalaciones MEP.

La investigación propone una implementación adaptada a una empresa acorde a la realidad de nuestra localidad dotando así de una base para futuras implementaciones que puede ser replicada, desarrollada y mejorada.

**- Discusión N°9.- ¿Fue necesario la generación de un formato de estandarización (plantilla) en la implementación?**

En la investigación de Roberto Salinas & Ulloa Román (2014) en una de sus conclusiones hace referencia a la necesidad de la generación de una plantilla con información básica para el proceso del modelado.

La investigación propone una implementación adaptada a una empresa que elabora proyecto estructurales, es decir exclusivamente se realizó la aplicación de la metodología de trabajo BIM con fines de la producción de planos y metrados en etapas de diseño.

En la cual se desarrollo formatos de estandarización para la presentación de planos y metrados, también llamados "Layouts" usado en los métodos tradiciones que hacen uso de la tecnología CAD.

Y los llamados "templates" usados en la metodología de trabajo BIM. Estos formatos de estandarización se realizaron con el objetivo que tengan una representación correcta de elementos estructuras, detalles técnicos, cuadros u otra información requerida en la producción, además de una correcta visualización en formato físico y digital, pues estos formatos se encuentran calibrados para ese uso.

Dicha estandarización se basan en características según:

1. El nivel de detalle
2. Librería de detalles por especialidades
3. Capas para el caso de uso de software CAD en métodos tradicionales y Familias para el caso de uso software BIM para la metodología BIM.
4. Incluso formato de archivos para el almacenamiento e intercambio de datos



**- Discusión N°10.- ¿La experiencia de la implementación en la empresa IMTEK puede ser replicada en otras empresas de nuestra localidad?**

La investigación adaptó experiencia de otras implementaciones a la empresa IMTEK, empresa cusqueña que elabora proyectos estructurales, La implementación se llevo acorde a los requerimientos de adaptamos a nuestra realidad.

Por ejemplo la visión BIM es manejar una base de datos centralizada en un modelo 3D paramétrico, que se maneja virtualmente, y que cada vez que se requiere se realiza una consulta a este modelo.

En comparación con nuestra realidad nosotros podemos manejar el modelo 3D de forma virtual pero aún dependemos de documentos contractuales como son los planos y metrados.

Otro punto en comparación con la visión BIM es que los formatos de estandarización (representación gráfica) en nuestra realidad dista de los estándares que usan a nivel mundial.

Conocemos que existen estándares como el de American Institute of Architect Standard (AIA) o el British Standard 1192 pero no existe una obligatoriedad por usarlo, en nuestro medio el uso aún es personalizado, es decir los formatos de estandarización van acorde del criterio del proyectista.

**- Discusión N°11.- ¿La metodología empleada para la obtención de métricas de rendimientos puede ser aplicada en otras investigaciones?**

Puede ser replicada, desarrollada y mejorada, la investigación propone una metodología para medir la productividad en la producción de planos y metrados.

El desarrollo desde la producción de formatos tanto para la recolección como para el análisis, el diseño de tablas matrices con cálculos, procedimientos, análisis de resultados de rendimientos para cada una de las actividades estudiadas lo cual es un aporte para futuras investigaciones, pues permiten que simplemente se usen o adapten dichos formatos y no se que crearlos desde cero.

Además recordemos que la aplicación de la metodología de trabajo BIM no solo abarca el especialidad estructural, por ende la presente investigación se podría aplicar pero orientada a proyectos arquitectónicos o de instalaciones MEP.

## 5. Glosario de términos

- **Área techada.**- Superficie y/o área que se calcula sumando la proyección de los límites de la poligonal del techo que encierra cada piso. En los espacios a doble o mayor altura se calcula en el piso que se proyecta.

- **Documentos Contractuales.**- Principalmente son todos los documentos para la construcción (planos y metrados) del proyecto de la edificación.

- **DWG.**- Es el formato nativo para los archivos de datos de AutoCAD es .dwg , es uno de los formatos de datos de diseño más usados y se puede encontrar en casi cualquier entorno de diseño. Es sinónimo de compatibilidad con la tecnología AutoCAD. Autodesk creó el formato .dwg en 1982, con el lanzamiento de su primera versión de software AutoCAD.

- **Expediente técnico de obra.**- Es el conjunto de documentos que comprende: memoria descriptiva, especificaciones técnicas, planos de ejecución de obra, metrados, presupuesto, fecha de determinación del presupuesto de obra, valor referencial, análisis de precios, calendario de avance, fórmulas polinómicas y, si el caso lo requiere, estudio de suelos, estudio geológico, de impacto ambiental u otros complementarios.

- **IFC.**- El formato IFC, “Industry Foundation Classes”, es un formato de datos de especificación abierta. Fue desarrollado por el IAI (International Alliance for Interoperability), predecesora de la actual Building Smart, con el propósito de convertirse en un estándar que facilite la interoperatividad entre programas del sector de la construcción.

- **Metrado.**- En conformidad con el Reglamento de la Ley de Contrataciones del Estado, es el cálculo o la cuantificación por partidas de la cantidad de obra a ejecutar.

- **MEP.**- Son las instalaciones sanitarias, eléctricas y especiales de una edificación (Instalaciones del edificio).

- **Proyecto.**- De acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones, es el conjunto de actividades que demandan recursos múltiples que tienen como objetivo la materialización de una idea. Información técnica que permite ejecutar una obra de edificación o habilitación urbana.

- **Planos del proyecto.**- Representación gráfica y conceptual de una obra, constituida por plantas, perfiles, secciones transversales y dibujos



complementarios de ejecución. Los planos muestran la ubicación, naturaleza, dimensiones y detalles del trabajo a ejecutar.

- **Proyectista.**- Profesional competente que tiene a su cargo la ejecución de una parte del proyecto de una obra.

- **Rendimiento:** Aplicado a la productividad, se define como la cantidad de trabajo (en horas hombre) usadas para realizar una producción de la actividad estudiada, normalmente se expresa en hh/um (hora hombre por unidad de medida de la actividad).

## 6. Conclusiones

- **Conclusión N°1.-** Se logró demostrar la Hipótesis general "Usando la metodología de trabajo BIM se obtendrá un mejor rendimiento frente a métodos tradicionales, pues requerirá menos hh/m<sup>2</sup> en la producción de planos y metrados de la especialidad de estructuras.")

Su demostración se aprecia en la Tabla 332 y la Figura 41,

Si analizamos los rendimientos podemos observar que usando los métodos tradicionales siempre tienden a requerir más hh/m<sup>2</sup> respecto a la metodología de trabajo de BIM tanto para la producción de planos como para la producción de metrados

Numéricamente hablando usando métodos tradicionales se requirió 0.1450 hh/m<sup>2</sup> mientras que usando la metodología de trabajo de BIM se requirió 0.0826 hh/m<sup>2</sup>

La interpretación del resultado es que usando la metodología de trabajo BIM tanto en la producción de planos y metrados, se trabaja con un modelo 3D paramétrico que genera representaciones y reportes de cantidades de forma dinámica y automática, lo cual no solo agiliza la producción sino que reducen notablemente los errores humanos respecto a fallas de dibujo o incompatibilidad con reportes de cantidades metrados.

- **Conclusión N°2.-** Se logró demostrar la Sub Hipótesis N° 1 "El rendimiento en la producción de planos de la especialidad de estructuras usando metodología de trabajo BIM requerirá menos hh/m<sup>2</sup>."

Su demostración se aprecia en el cuadro resumen de la comparativa Tabla 331 y la Figura 40.

- **Conclusión N°3.-** Se logró demostrar la Sub Hipótesis N° 2. "El rendimiento en la producción de planos de la especialidad de estructuras usando métodos tradicionales requerirá más hh/m<sup>2</sup>."

Su demostración se aprecia en el cuadro resumen de la comparativa Tabla 331 y la Figura 40.

De acuerdo a las conclusiones 2 y 3, en la producción de planos usando métodos tradicionales se requirió 0.1040 hh/m<sup>2</sup> mientras que usando la metodología de trabajo de BIM se requirió 0.0596 hh/m<sup>2</sup>. Casi el doble de hh/m<sup>2</sup> requeridas usando métodos tradicionales en comparación a la metodología de trabajo BIM.

La interpretación del resultado es que por ejemplo en la actividad de dibujo, la representación del elemento estructural usando la metodología de trabajo BIM solamente se tiene que escoger las dimensiones y la posición en todo desea insertar y ya se tiene modelado el elemento tanto en 2D, en un corte o en 3D pues es un elemento 3D paramétrico, mientras que usando métodos tradicionales se tendría que dibujar línea por línea el elemento, en las diferentes vistas que se necesiten.

Ahora en la actividad ensamblado usando la metodología de trabajo BIM el etiquetado, las anotaciones (cotas) y las vistas que sean necesarias para la lámina de dibujo se generan de forma dinámica y automática, mientras que usando métodos tradicionales se tendría insertar texto por texto, en las diferentes vistas que se necesiten.

Y finalmente en la actividad de revisión y corrección en lo que compete a la producción de planos usando la metodología de trabajo BIM facil la revisión y corrección es mínima pues se reducen notablemente los errores humanos respecto a fallas de dibujo o incompatibilidad entre cortes y sección en comparación con métodos tradicionales.

- **Conclusión N°4.-** Se logró demostrar la Sub Hipótesis N° 3 "El rendimiento en la producción de metrados de la especialidad de estructuras usando metodología de trabajo BIM requerirá menos hh/m<sup>2</sup>".

Su demostración se aprecia en el cuadro resumen de la comparativa Tabla 331 y la Figura 40.

- **Conclusión N°5.-** Se logró demostrar la Sub Hipótesis N° 4.- El rendimiento en la producción de metrados de la especialidad de estructuras usando métodos tradicionales requerirá más hh/m<sup>2</sup>.)

Su demostración se aprecia en el cuadro resumen de la comparativa Tabla 331 y la Figura 40.



De acuerdo a las conclusiones 4 y 5, de manera similar en la producción de metrados usando métodos tradicionales se requirió 0.0410 hh/m<sup>2</sup> mientras que usando la metodología de trabajo BIM se requirió 0.0231 hh/m<sup>2</sup>.

La interpretación de los resultado es que en general se requiere menos hh/m<sup>2</sup> respecto a métodos tradicionales, el modelo 3D BIM genera los metrados de manera automática y dinámica, cuando se modela un elemento no solo se representa la geometría en 3D sino que se crea un elemento con información paramétrica es decir se le añade las propiedades de materialidad, cantidad, propiedades partículas, costo u algún tipo de característica.

Por ejemplo, si se modela una columna aparte de obtenerse las propiedad geométricas como son área de la sección, volúmenes, además se puede extraer características como tipo de concreto usado  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ , diámetros del detallado de acero, tipo de estribo y sus dimensiones.

Esta información se extrae del modelo en modo de reportes de cantidades (schedule quantities), esta información contenido es dinámica pues cualquier modificación de medidas o propiedades en el modelo 3D BIM se actualiza en los cortes, secciones o reportes que involucre el elemento.

## 7. Recomendaciones

- **Recomendación N°1.**- Se recomienda la implementación de la metodología de trabajo BIM en empresas de nuestra localidad basándose en criterios cuantitativos como son los obtenidos en la presente investigación pues servirá como información publicada y verificada, que nos permite tomar las decisiones de implementar la metodología de trabajo BIM pues se ha probado la reducción de tiempos en la producción y la reducción de defectos de diseño considerando las limitaciones del proyecto.

- **Recomendación N°2.**- Se recomienda replicar, desarrollar y mejorar la investigación en la medición de la productividad en la producción de planos y metrados en las especialidades de arquitectura o de instalaciones MEP. Pues considerando que se ha generado un indicador en hh/m<sup>2</sup> que tiene uso práctico para la estimación de tiempos, y así retroalimentar el banco de información empleando la metodología de recolección y procesamiento de datos usadas en la investigación.

- **Recomendación N°3.**- Se recomienda investigar e implementar BIM en el sector público, pues se ha evidenciado la reducción de tiempos en la producción y la reducción de defectos de diseño, beneficiosas para los proyectos de inversión pública.

- **Recomendación N°4.**- Es importante que se mantenga los conceptos de los tres campos pues de ello dependerá un buen desempeño de la implementación. La implementación implica gestionar el campo de procesos y el campo de políticas no solamente el campo de tecnologías.

- **Recomendación N°5.**- Se recomienda que se siga implementando la siguiente etapa acuerdo al nivel de maduración BIM empleando una correcta gestión en el campo de tecnologías que nos brinde flexibilidad en su uso. Además se recomienda que se siga implementando con el objetivo de alcanzar todos los beneficios del BIM como es identificar conflictos entre disciplinas, eliminar desperdicios y realizar modificaciones virtualmente en el modelo 3D y no en campo, además de permitir evaluar aspectos constructivos y control de las actividades de construcción inclusive la gestión después de la construcción (mantenimiento).

## 8. Referencias

Oficina de Infraestructura Educativa - Ministerio de Educación. (06 de Enero de 2016). Ministerio de Economía y Finanzas. *Obtenido de Normas técnicas para el diseño de locales de educación básica regular - Primaria y secundaria: [http://www.mef.gob.pe/contenidos/inv\\_publica/docs/centro\\_info/normas\\_educacion/NORMAS\\_ESPECIFICAS/EDUCACION\\_BASICA/EDUCACION\\_BASICA\\_REGULAR/PRIMARIA\\_%20Y\\_SECUNDARIA/Doc\\_de\\_trabajos\\_Primeria\\_Secundaria\\_11ene09.pdf](http://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/centro_info/normas_educacion/NORMAS_ESPECIFICAS/EDUCACION_BASICA/EDUCACION_BASICA_REGULAR/PRIMARIA_%20Y_SECUNDARIA/Doc_de_trabajos_Primeria_Secundaria_11ene09.pdf)*

Alarcón, L. F., & Mardones, D. A. (1998). *Improving the design-construction interface*. Guaruja, Brazil: Proceedings IGLC.

Alcántara Rojas, V. (2013). *Metodología para minimizar las deficiencias de diseño basada en la construcción de virtual usando tecnologías BIM*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.

Aliaga Melo, G. D. (2012). *Implementación y metodología para la elaboración de modelos BIM para su aplicación en proyectos industriales multidisciplinarios*. Santiago de Chile: Universidad de Chile, UCHILE.

Basadre, J. (2003). *Jorge Basadre: memoria y destino del Perú*. Lima: Congreso de la República.

*Congresobim*. (10 de Abril de 2017). Obtenido de <http://www.congresobim.pe/2015/bim-en-el-peru>

Cruelles Ruiz, J. A. (2013). *Productividad e incentivos*. México: Alfa omega.

De Souza, R. (1994). *Sistema de Gestão da Qualidade para Empresas*. Sao Paulo: Sebrae; SINDUSCON - SP.

Eastman, C. (2011). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*. Stanford: AECbytes.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación (Vol. VI)*. Mexico D.F.: Mc Graw Hill.

McGeorge, J. (1988). *Design productivity: a quality problem*. *Journal of Management in Engineering*.





Mordue, S., Swaddle, P., & Philp, D. (2016). *Building Information Modeling For Dummies*. West Sussex: British Library.

Murguía Sánchez, D. (25 de Enero de 2017). *Leanperu*. Obtenido de <http://www.leanperu.com.pe/index.php/biblioteca/publicaciones/130-tecnologias-bim-y-lean-construction>

Olomolaiye, P., Jayawardane, A., & Harris, F. (1998). *Construction Productivity Management*. Londres: Longman.

*Peruconstruye*. (5 de Abril de 2017). Obtenido de <http://www.peruconstruye.net/comite-bim-del-peru>

Roberto Salinas, J., & Ulloa Román, K. A. (2014). *Mejoras en la Implementación de BIM en los procesos de diseño y construcción de la empresa Marcan*. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas UPC.

Succar, B. (2013). *Building Information Modelling: conceptual constructs and performance improvement tools*. Callaghan: Universidad de Newcastle, (UON).



## 9. Anexos

### 9.1. Matriz de consistencia

Tabla 334: Matriz de consistencia

<b>Título de la investigación:</b> Análisis comparativo del rendimiento en la producción de planos y metrados especialidad estructuras usando métodos tradicionales y la metodología de trabajo BIM en la empresa IMTEK.					
<b>Problema</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Hipótesis</b>	<b>Variable</b>	<b>Indicador</b>	
- ¿Cuál es el rendimiento en la producción de planos y metrados de la especialidad de estructuras en etapas de diseño de edificaciones de infraestructura educativa usando métodos tradicionales y la metodología de trabajo BIM?	Analizar comparativamente el rendimiento en la producción de planos y metrados de la especialidad de estructuras en etapas de diseño de edificaciones de infraestructura educativa usando métodos tradicionales y la metodología de trabajo BIM.	El rendimiento en la producción de planos y metrados de la especialidad de estructuras en etapas de diseño de edificaciones de infraestructura educativa usando la metodología de trabajo BIM es superior frente a métodos tradicionales.	Rendimiento en la producción de planos estructurales y metrados del componente estructural.	Horas hombre empleadas en la producción de planos estructurales y metrados del componente estructural.	hh/m <sup>2</sup>
- Formulación Interrogativa N°1.- ¿Cuál es el rendimiento en la producción de planos de la especialidad de estructuras en etapas de diseño de edificaciones de infraestructura educativa usando métodos tradicionales?	- Objetivo Específico N° 1.- Determinar cual es el rendimiento en la producción de planos de la especialidad de estructuras en etapas de diseño de edificaciones de infraestructura educativa usando métodos tradicionales.	El rendimiento en la producción de planos de la especialidad de estructuras en etapas de diseño de edificaciones de infraestructura educativa usando metodología de trabajo BIM es superior frente a métodos tradicionales.	Rendimiento en la producción de planos estructurales y metrados del componente estructural.	Horas hombre empleadas en la producción de planos estructurales y metrados del componente estructural.	hh/m <sup>2</sup>
Formulación Interrogativa N°3.- ¿Cuál es el rendimiento en la producción de planos de la especialidad de estructuras en etapas de diseño de edificaciones de infraestructura educativa usando la metodología de trabajo BIM?	- Objetivo Específico N° 3.- Determinar cual es el rendimiento en la producción de planos de la especialidad de estructuras en etapas de diseño de edificaciones de infraestructura educativa usando la metodología de trabajo BIM.				
Formulación Interrogativa N°2.- ¿Cuál es el rendimiento en la producción de metrados de la especialidad de estructuras en etapas de diseño de edificaciones de infraestructura educativa usando métodos tradicionales?	- Objetivo Específico N° 2.- Determinar cual es el rendimiento en la producción de metrados de la especialidad de estructuras en etapas de diseño de edificaciones de infraestructura educativa usando métodos tradicionales.	El rendimiento en la producción de metrados de la especialidad de estructuras en etapas de diseño de edificaciones de infraestructura educativa usando metodología de trabajo BIM es superior frente a métodos tradicionales.	Rendimiento en la producción de planos estructurales y metrados del componente estructural.	Horas hombre empleadas en la producción de planos estructurales y metrados del componente estructural.	hh/m <sup>2</sup>
Formulación Interrogativa N°4.- ¿Cuál es el rendimiento en la producción de metrados de la especialidad de estructuras en etapas de diseño de edificaciones de infraestructura educativa usando la metodología de trabajo BIM?	- Objetivo Específico N° 4.- Determinar cual es el rendimiento en la producción de metrados de la especialidad de estructuras en etapas de diseño de edificaciones de infraestructura educativa usando la metodología de trabajo BIM.				

Fuente: Elaboración propia.