

## TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	MOTIVACIÓN .....	1
1.2	OBJETIVOS.....	1
1.2.1	Objetivo general .....	1
1.2.2	Objetivos específicos.....	1
1.3	METODOLOGÍA DE TRABAJO .....	1
1.3.1	LA METODOLOGÍA GQM (GOAL – QUESTION – METRIC).....	2
1.3.2	APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PARA EL CONTEXTO EN ESTUDIO.....	3
1.4	ORGANIZACIÓN DEL DOCUMENTO .....	4
2.	MARCO CONCEPTUAL.....	5
2.1	LOS SISTEMAS LEGADOS .....	5
2.2	LA EVALUACIÓN DE UN SISTEMA LEGADO – TRABAJOS RELACIONADOS.....	6
2.3	LA REINGENIERÍA Y LA REFACTORIZACIÓN PARA LA EVOLUCIÓN DE UN SISTEMA LEGADO.....	8
2.4	REFACTORIZACIÓN DE ARQUITECTURA.....	10
3.	PLANEACIÓN DEL ESTUDIO .....	11
3.1	DEFINICIÓN DEL CONTEXTO.....	11
3.1.1	La herramienta de desarrollo base del Sistema de Información referido. ....	13
3.2	SELECCIÓN DEL MÓDULO PARA EL EXPERIMENTO.....	21
3.3	DEFINICIÓN DEL MODELO DE EVALUACIÓN .....	22
4.	DEFINICIÓN DEL ESTUDIO EXPERIMENTAL .....	24
4.1	PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN Y MÉTRICAS ASOCIADAS .....	24
4.1.1	Métricas para determinar el valor de negocio.....	26
4.1.2	Métricas para determinar el valor técnico del Módulo de Admisiones.....	29
4.1.3	¿Qué pasos se deben seguir para realizar el proceso de refactorización de la arquitectura? .....	40

4.1.4	¿Qué impacto tiene la refactorización en el valor técnico del producto?.....	40
4.2	ASIGNACIÓN DE PESOS .....	41
4.2.1	Modo de evaluación del Valor de Negocio. ....	41
4.2.2	Modo de evaluación del Valor Técnico.....	42
4.3	ENCUESTA PARA LA RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN CUALITATIVA.....	43
4.4	HERRAMIENTAS UTILIZADAS .....	46
4.4.1	MZ – Tools 3.0 .....	46
4.4.2	Project Analyzer .....	47
4.4.3	Data Dictionary Creator .....	47
4.4.4	DB Designer 4 .....	48
4.4.5	MS – Visio 2010 .....	49
4.4.6	Managment Studio de MS – SQL Server .....	49
4.4.7	ORACLE VM Virtual Box.....	49
4.4.8	Herramienta CONEXION.....	49
4.5	MODO DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	50
4.5.1	Encuesta a Usuarios .....	50
4.5.2	Sistemas de Mesa de Ayuda.....	50
4.5.3	Censo de Módulos instalados .....	51
4.5.4	Documentación de especificación de requisitos.....	51
5.	LA ESTRATEGIA DE REFACTORIZACIÓN DEL MÓDULO.....	52
5.1	RECONSTRUCCIÓN DE LA ARQUITECTURA DEL SISTEMA EXISTENTE.....	53
5.2	LEVANTAMIENTO DE LAS MÉTRICAS DEL SISTEMA ACTUAL .....	58
5.3	IDENTIFICACIÓN DE LOS OBJETIVOS DE LA REFACTORIZACIÓN .....	58
5.4	DEFINICIÓN Y APLICACIÓN DE LAS ESTRATEGIAS DE REFACTORIZACIÓN .....	59
5.4.1	Mantenibilidad .....	59
5.4.2	Descomponibilidad .....	61

5.4.3	Desempeño .....	62
5.4.4	Seguridad .....	64
5.5	LEVANTAMIENTO DE MÉTRICAS DEL SISTEMA REFACTORIZADO .....	65
5.6	ANÁLISIS DEL IMPACTO DE LA REFACTORIZACIÓN .....	66
5.7	ESFUERZO DE ESTRATEGIA DE REFACTORIZACIÓN .....	66
6.	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS .....	67
6.1	EVALUACIÓN DEL MÓDULO SEGÚN SU VALOR DE NEGOCIO .....	67
6.1.1	Porcentaje de diferencia del mercado .....	67
6.1.2	Valor de la Información .....	69
6.1.3	Porcentaje de Cobertura de Funcionalidad de Negocio .....	70
6.1.4	Frecuencia Actual de Uso .....	71
6.1.5	Percepción de los usuarios de la disponibilidad del módulo. ....	71
6.1.6	Satisfacción de usuario. ....	71
6.1.7	Cobertura de funciones altamente especializadas y terminadas completamente .....	72
6.1.8	Proporción de trabajo acumulado no terminado .....	72
6.1.9	Proporción de defectos .....	73
6.1.10	Esfuerzo de soporte en tiempo crítico .....	74
6.1.11	Proporción de incremento de tiempo de respuesta .....	75
6.1.12	Adaptabilidad en ambientes software .....	75
6.1.13	Adaptabilidad en ambientes hardware .....	75
6.1.14	Soporte del Entorno Integrado de Desarrollo .....	76
6.1.15	Soporte del motor de base de datos .....	76
6.2	ANÁLISIS DEL IMPACTO DE LA REFACTORIZACIÓN .....	76
6.2.1	Longitud de Código .....	76
6.2.2	Proporción de código muerto .....	77
6.2.3	Complejidad Ciclomática: .....	78

6.2.4	Instrucciones SQL embebidas.....	80
6.2.5	Modularidad – Acoplamiento.....	81
6.2.6	Modularidad – Cohesión.....	83
6.2.7	Métricas de Desempeño.....	85
6.2.8	Métricas de Seguridad.....	91
6.3	CALIFICACIÓN DEL MÓDULO EN SU VALOR DE NEGOCIO .....	92
6.4	CALIFICACIÓN DEL MÓDULO EN SU VALOR TÉCNICO .....	92
6.5	UBICACIÓN DEL MÓDULO EN EL MAPA DE CUADRANTES DE EVALUACIÓN .....	93
6.5.1	Ubicación del módulo antes del proceso de refactorización.....	93
6.5.2	Ubicación del módulo después del proceso de refactorización.....	94
7.	LIMITACIONES Y AMENAZAS DEL ESTUDIO .....	96
8.	CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS .....	97
8.1	CONCLUSIONES DEL ESTUDIO.....	97
8.2	TRABAJOS FUTUROS.....	98
9.	BIBLIOGRAFÍA.....	100

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Modelo de evaluación de un sistema legado. Fuente: [5].....	8
Tabla 3.1. Módulos del Sistema SION de acuerdo con su herramienta de desarrollo. Fuente: Departamento de Sistemas e Informática (DSI) – Corporación Universitaria Adventista.....	14
Tabla 3.2. Clasificación de Entornos de Desarrollo de acuerdo con su popularidad. Fuente [27].....	19
Tabla 3.3. Cantidad de registros por variable del Módulo SION – Admisiones, al primer semestre de 2013. Fuente: Departamento de Sistemas e Informática (DSI) – Corporación Universitaria Adventista.....	21
Tabla 3.4. Funciones del Módulo SION - Admisiones. Fuente: Departamento de Sistemas e Informática (DSI) - Corporación Universitaria Adventista .....	22
Tabla 3.5. Modelo de evaluación propuesto para el Módulo SION – Admisiones. Fuente: Elaboración propia, adaptado de [5].....	23
Tabla 4.1. Métricas asociadas para atributos, subcaracterísticas y dimensiones. Fuente: Elaboración propia.	26
Tabla 4.2. Relación entre complejidad ciclométrica, el tipo de procedimiento y el riesgo. Fuente [37] .....	30
Tabla 4.3. Pesos asignados para las subcaracterísticas y los atributos correspondientes al Valor de Negocio. Fuente: Elaboración propia.....	42
Tabla 4.4. Pesos asignados para las subcaracterísticas y los atributos correspondientes al Valor Técnico. Fuente: Elaboración propia.....	43
Tabla 4.5. Secciones de la encuesta de acuerdo con las subcaracterísticas, atributos y métricas respectivas. Fuente: Elaboración propia.....	44
Tabla 4.6. Escala de Likert y sus respectivos valores. Fuente: [45].....	44
Tabla 4.7. Preguntas y su métrica respectiva, de la encuesta realizada a los usuarios del Módulo SION – Admisiones. Fuente: Elaboración propia .....	45
Tabla 5.1. Análisis del estilo arquitectónico del Sistema SION. Fuente: Elaboración propia basado en [54].	54
Tabla 5.2. Descripción general de los módulos de SION. Fuente: Elaboración propia. ....	57
Tabla 5.3. Justificación de la selección de subcaracterísticas factibles para refactorizar. Fuente: Elaboración propia.....	59
Tabla 5.4. Esfuerzo en Horas – Hombre para el desarrollo de actividades en la estrategia de refactorización. Fuente: Elaboración propia.....	66
Tabla 6.1. Cuantificación de las pantallas, reportes y módulos del Sistema SION – Admisiones. Fuente: Elaboración propia.....	67
Tabla 6.2. Estimación del costo del módulo SION – Admisiones. Fuente: Elaboración propia. ....	68
Tabla 6.3. Precios del módulo respecto a otros existentes en el mercado. Fuente: Elaboración propia.....	68

Tabla 6.4. Escala de valoración para calificar el porcentaje de diferencia de mercado. Fuente: Elaboración propia.....	69
Tabla 6.5. Comparativo de tipo de instrucciones SQL embebidas en el módulo SION – Admisiones. Fuente: Elaboración propia.....	81
Tabla 6.6. Comparativo de valores de acoplamiento en el Módulo SION - Admisiones, antes y después del proceso de refactorización. Fuente: Elaboración propia.....	82
Tabla 6.7. Asignación de responsabilidad por componentes antes del proceso de refactorización. Fuente: Elaboración propia.....	84
Tabla 6.8. Comparativo de tiempos de respuesta de instrucciones SQL del Módulo SION – Admisiones, antes y después del proceso de refactorización. Fuente: Elaboración propia.....	86
Tabla 6.9. Comparativo de tiempos consumo de CPU del servidor por parte de las instrucciones SQL del Módulo, antes y después del proceso de refactorización. Fuente: Elaboración propia.....	88
Tabla 6.10. Comparativo de duración promedio de operaciones de entrada y salida (IO) del servidor por parte de las instrucciones SQL del Módulo, antes y después del proceso de refactorización. Fuente: Elaboración propia.....	90
Tabla 6.11. Comparativo de instancias instaladas del Módulo SION – Admisiones y los atributos de seguridad. Fuente: Elaboración propia.....	92
Tabla 6.12. Calificación del Módulo SION - Admisiones en su dimensión del Valor de Negocio. Fuente: Elaboración propia.....	92
Tabla 6.13. Calificación del Módulo SION - Admisiones en su dimensión del Valor Técnico. Fuente: Elaboración propia.....	93

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Estructura jerárquica del modelo GQM. Fuente [17] .....	3
Figura 1.2. Pasos generales del estudio experimental. Fuente: Elaboración propia .....	4
Figura 2.1. Valor Técnico y Valor De Negocio. Fuente [7].....	7
Figura 3.1. Módulos del Sistema SION y los sistemas relacionados en la Corporación Universitaria Adventista. Fuente: Departamento de Sistemas e Informática (DSI) – Corporación Universitaria Adventista.	12
Figura 3.2. Proporción de estado de desarrollo de los módulos del Sistema SION a diciembre de 2012. Fuente: Departamento de Sistemas e Informática (DSI) – Corporación Universitaria Adventista. ....	13
Figura 3.3. Proporción de estado de los módulos del Sistema SION de acuerdo con su herramienta de desarrollo, a diciembre de 2012. Fuente: Departamento de Sistemas e Informática (DSI) – Corporación Universitaria Adventista.....	15
Figura 4.1. Interfaz de la herramienta Project Analyzer. Fuente [46] .....	47
Figura 4.2. Ventana de la aplicación Data Dictionary Creator. Fuente [48].....	48
Figura 4.3. Herramienta DB Designer 4. Fuente [49]. ....	48
Figura 4.4. Ventana de la herramienta CONEXION. Fuente: Elaboración propia. ....	50
Figura 5.1. Proceso de estrategia de refactorización. Fuente: Elaboración propia. ....	52
Figura 5.2. Representación estática del módulo SION – Admisiones, una vez realizada la ingeniería inversa. Fuente: Elaboración propia.....	55
Figura 5.3. Representación gráfica de alto nivel del Sistema SION. Fuente: Elaboración propia. ....	56
Figura 5.4. Estructura estática del Módulo SION – Admisiones después de la aplicación del proceso de refactorización. Fuente: Elaboración propia. ....	62
Figura 5.5. Ejemplo de índice sugerido por MS – SQL Server para una consulta en particular. Fuente: Elaboración propia.....	63
Figura 5.6. Relaciones entre tablas antes y después del proceso de refactorización en la base de datos principal del Módulo SION – Admisiones. Fuente: Elaboración propia.....	64
Figura 6.1. Valor de información del Módulo SION - Admisiones. Fuente: Elaboración propia.....	70
Figura 6.2. Cobertura de funcionalidad del Módulo SION - Admisiones. Fuente: Elaboración propia.....	70
Figura 6.3. Cobertura de funcionalidad del Módulo de Admisiones. Fuente: Elaboración propia .....	71
Figura 6.4. Satisfacción de Usuario del Módulo de Admisiones. Fuente: Elaboración propia .....	72
Figura 6.5. Cobertura de funcionalidad del Módulo de Admisiones. Fuente: Elaboración propia. ....	72
Figura 6.6. Cobertura de funcionalidad del Módulo de Admisiones. Fuente: Elaboración propia .....	73

Figura 6.7. Solicitudes reportadas categorizadas como defectos en el módulo de SION – Admisiones, entre octubre de 2011 y septiembre de 2012. Fuente: Elaboración propia. ....	74
Figura 6.8. Proporción Horas – Hombre en tiempos críticos y no críticos para el módulo de SION – Admisiones, entre octubre de 2011 y septiembre de 2012. Fuente: Elaboración propia.....	74
Figura 6.9. Porcentaje de incremento de tiempo de respuesta en el módulo de SION – Admisiones, entre octubre de 2011 y septiembre de 2012. Fuente: Elaboración propia. ....	75
Figura 6.10. Líneas de Código (LOC) antes y después del proceso de refactorización en el Módulo SION – Admisiones. Fuente: Elaboración propia. ....	76
Figura 6.11. Proporción de LOC muerto en el Módulo SION – Admisiones. Fuente: Elaboración propia. ....	77
Figura 6.12. Proporción de métodos muertos en el Módulo SION – Admisiones. Fuente: Elaboración propia. ....	78
Figura 6.13. Comparativo de proporción de procedimientos VB6 según su complejidad ciclométrica en el Módulo SION – Admisiones. Fuente: Elaboración propia.....	79
Figura 6.14. Comparativo de promedios de complejidad ciclométrica por componente en el Módulo SION – Admisiones, antes y después del proceso de refactorización. Fuente: Elaboración propia. ....	80
Figura 6.15. Reducción en las instrucciones SQL embebidas en el proceso de refactorización. Fuente: Elaboración propia.....	81
Figura 6.16. Comparativo del Módulo SION - Admisiones antes y después del proceso de refactorización. Fuente: Elaboración propia.....	83
Figura 6.17. Asignación correcta e incorrecta de responsabilidades en el Módulo SION - Admisiones. Fuente: Elaboración propia.....	84
Figura 6.18. Proporción de instrucciones SQL del Módulo SION – Admisiones, de acuerdo con su mejora en tiempos de respuesta después del proceso de refactorización. Fuente: Elaboración propia. ....	87
Figura 6.19. Proporción de instrucciones SQL del Módulo SION – Admisiones de acuerdo con su mejora en consumo de CPU del servidor después del proceso de refactorización. Fuente: Elaboración propia.....	89
Figura 6.20. Proporción de instrucciones SQL del Módulo SION – Admisiones de acuerdo con su mejora en operaciones de entrada y salida (IO) del servidor después del proceso de refactorización. Fuente: Elaboración propia.....	91
Figura 6.21. Valor de Negocio y Valor Técnico del Módulo SION – Admisiones antes del proceso de refactorización. Fuente: Elaboración propia. ....	94
Figura 6.22. Evaluación del Módulo de Admisiones antes y después de la estrategia de refactorización. Fuente: Elaboración propia.....	95