



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
Centro de Investigación en Computación
Maestría en Ciencias de la Computación

**EVALUACIÓN AUTOMATIZADA DE PROCESOS
DE DESARROLLO DE SOFTWARE,
APLICANDO EL ESTÁNDAR PARA LA
INDUSTRIA MEXICANA: NMX-I-059-NYCE-2005**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN
P R E S E N T A**

ILICH ABDELCADIR JASSO MARTÍNEZ



**DIRECTORA DE TESIS:
M. en C. SANDRA DINORA ORANTES JIMÉNEZ**

México, D.F.

Junio 2009

ÍNDICE DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	
1.1	Planteamiento del Problema	01
1.2	Objetivos	01
1.2.1	<i>Objetivo General</i>	01
1.2.2	<i>Objetivos Específicos</i>	01
1.3	Justificación	02
1.4	Beneficios Esperados	02
1.5	Alcances y Límites	02
1.6	Organización de la Tesis	03
2	EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SOFTWARE	
2.1	Introducción	05
2.2	Evaluación del producto de software	05
2.2.1	<i>El modelo de McCall</i>	06
2.2.2	<i>ISO/IEC 9126</i>	07
2.3	Evaluación del proceso de desarrollo de software	09
2.3.1	<i>CMM-SEI</i>	09
2.3.2	<i>ISO/IEC 12207</i>	11
2.3.3	<i>ISO/IEC 15504</i>	12
3	NORMA MEXICANA NMX-I-006-NYCE	
3.1	Descripción general	15
3.2	Requisitos para la realización de una evaluación	16
3.2.1	<i>El proceso de evaluación</i>	16
3.2.1.1	<i>Proceso documentado</i>	16
3.2.1.2	<i>Roles y responsabilidades</i>	17
3.2.2	<i>Marco de medición de la capacidad</i>	17
3.2.3	<i>Modelo de evaluación</i>	21
3.3	El modelo de evaluación	23
3.3.1	<i>Indicadores de la evaluación</i>	24
3.3.2	<i>Los procesos del modelo de procesos de referencia</i>	26
4	NORMA MEXICANA NMX-I-059-NYCE	
4.1	Modelo de procesos de software MoProSoft (México)	29

6.2.1.7 <i>El Reporte Final</i>	96
6.3 Otros ejemplos	100
6.4 Otras herramientas de evaluación	112
6.5 Aportaciones	117
6.5.1 <i>La herramienta SEVAL59</i>	117
6.5.2 <i>El conjunto de indicadores</i>	117
7 CONCLUSIONES	
7.1 Conclusiones	123
7.2 Trabajos Futuros	124
7.3 Publicaciones	124

ÍNDICE DE TABLAS

2.1	Ejes, Factores y Criterios del modelo de MCCall	06
2.2	Características y Subcaracterísticas ISO/IEC 9126	08
2.3	Clases de Procesos y Procesos en ISO/IEC 12207	11
2.4	Categorías de procesos y procesos en ISO/IEC 15504	12
3.1	Niveles de capacidad y atributos de proceso	18
3.2	Escala ordinal para la calificación de los atributos de proceso	19
3.3	Puntos de la escala ordinal y porcentajes asociados	20
3.4	Perfiles de proceso requeridos por nivel de capacidad	20
3.5	Categoría de Procesos del Ciclo de Vida Primario	26
3.6	Categoría de Procesos del Ciclo de Vida de Vida de Soporte	27
3.7	Categoría de Procesos del Ciclo de Vida de la Organización	27
4.1	Categorías de procesos y procesos de MoProSoft	29
4.2	Procesos de MoProSoft dentro de la NMX-I-059/02-NYCE	32
5.1	Requerimientos del sistema	40
5.2	Análisis de eventos de la evaluación	50
5.3	Análisis de eventos asociados a la supervisión	52
5.4	El perfil de proceso obtenido	66
5.5	Los niveles de capacidad obtenidos	67
5.6	Clase “nivel”	68
5.7	Clase “atributoDeProceso”	70
5.8	Clase “indicadorCap”	71
5.9	Clase “productoDeTrabajoGen”	71
5.10	Clase “indicadorDes”	72
5.11	Clase “productoDeTrabajo”	73
5.12	Clase “categoria”	73
5.13	Clase “proceso”	74
5.14	Clase “actividad”	75
5.15	Clase “objetivo”	75
6.1	Hallazgos para Gestión de Negocio	83
6.2	Hallazgos para Gestión de Procesos	84
6.3	Hallazgos para Gestión de Proyectos	84
6.4	Hallazgos para Gestión de Recursos	85
6.5	Hallazgos para Recursos Humanos y Ambiente de Trabajo	85
6.6	Hallazgos para Bienes Servicios e Infraestructura	86
6.7	Hallazgos para Conocimiento de la Organización	86

6.8 Hallazgos para Administración de Proyectos Específicos	87
6.9 Hallazgos para Desarrollo y Mantenimiento de Software	87
6.10 El perfil de capacidad de procesos obtenido	88

ÍNDICE DE FIGURAS

2.1	Características de primer nivel en ISO/IEC 9126	08
2.2	Estructura del marco de trabajo de CMM	10
3.1	Niveles de Capacidad en la NMX-I-006-NYCE	18
3.2	Dimensiones y Modelo de Evaluación	22
3.3	Modelo de evaluación	23
3.4	Indicadores de la evaluación	24
4.1	Relaciones entre los elementos de la parte 04 de la norma	37
5.1	Protocolo para realizar una verificación	42
5.2	Primer día de la verificación	43
5.3	Segundo día de la verificación	44
5.4	Caso de uso general del sistema	48
5.5	Diagrama de secuencia del evaluador	51
5.6	Diagrama de secuencia del supervisor	53
5.7	Diagrama de actividades de la evaluación	55
5.8	Diagrama de actividades del supervisor	57
5.9	Diagrama de estados de la evaluación	58
5.10	Subestados del estado “Evaluando procesos”	60
5.11	Estructura de clases de los elementos de la norma	62
5.12	Diagrama de clases para la evaluación de los procesos	63
5.13	La clase “ResultadoEvaluacion”	64
5.14	Clase “nivel” representada gráficamente en XML	69
5.15	Clase “atributoDeProceso” representada gráficamente en XML	70
5.16	Clase “indicadorCap” representada gráficamente en XML	71
5.17	Clase “productoDeTrabajoGen” representada gráficamente en XML	72
5.18	Clase “indicadorDes” representada gráficamente en XML	72
5.19	Clase “productoDeTrabajo” representada gráficamente en XML	73
5.20	Clase “categoria” representada gráficamente en XML	74
5.21	Clase “proceso” representada gráficamente en XML	74
5.22	Clase “actividad” representada gráficamente en XML	75
5.23	Clase “objetivo” representada gráficamente en XML	76
5.24	Las clases representadas como elementos de XML	77
5.25	Las clases de la evaluación representadas gráficamente en XML	78
5.26	Las clases de la evaluación representadas como elementos de un archivo XML	79
6.1	Dependencia de los paquetes del sistema SEVAL59	81

6.2	Dependencia entre las clases del sistema SEVAL59	82
6.3	Autenticación del usuario – Sistema SEVAL59	88
6.4	Selección de una evaluación nueva – Sistema SEVAL59	89
6.5	Datos de la organización – Sistema SEVAL59	90
6.6	Datos del representante – Sistema SEVAL59	90
6.7	Alcance de la evaluación – Sistema SEVAL59	90
6.8	Enfoque de la evaluación – Sistema SEVAL59	90
6.9	Datos del equipo evaluador – Sistema SEVAL59	91
6.10	Participantes en la evaluación – Sistema SEVAL59	91
6.11	Los indicadores de la evaluación – Sistema SEVAL59	92
6.12	Indicadores de desempeño – Sistema SEVAL59	93
6.13	Calificar un indicador con hallazgo – Sistema SEVAL59	94
6.14	Calificar un indicador sin hallazgo – Sistema SEVAL59	94
6.15	Calificar los indicadores de capacidad – Sistema SEVAL59	95
6.16	Generar Listado de Hallazgos – Sistema SEVAL59	96
6.17	Guardar el Listado de Hallazgos – Sistema SEVAL59	96
6.18	Generar Reporte Final – Sistema SEVAL59	97
6.19	Confirmar cierre de la evaluación – Sistema SEVAL59	97
6.20	Guardar el Reporte Final - Sistema SEVAL59	97
6.21	Gráfica de Perfiles de los Procesos – Sistema SEVAL59	98
6.22	Gráfica de Niveles de Capacidad de los Procesos – Sistema SEVAL59	99
6.23	Tabla de resultados de la evaluación – Sistema SEVAL59	100
6.24	Definiendo el alcance de la evaluación para tres procesos – Sistema SEVAL59	101
6.25	La ventana de evaluación para tres procesos a Nivel 2 – Sistema SEVAL59	101
6.26	Resultados de la evaluación a tres procesos – Sistema SEVAL59	102
6.27	Perfiles de tres procesos – Sistema SEVAL59	103
6.28	Niveles de capacidad de tres procesos – Sistema SEVAL59	104
6.29	Definiendo el alcance de la evaluación a Nivel 3 – Sistema SEVAL59	104
6.30	La ventana de evaluación para Nivel 3 – Sistema SEVAL59	105
6.31	Resultados de la evaluación a Nivel 3 – Sistema SEVAL59	106
6.32	Perfiles de procesos a Nivel 3 – Sistema SEVAL59	107
6.33	Niveles de capacidad a Nivel 3 - Sistema SEVAL59	108
6.34	Definiendo el alcance de la evaluación a Nivel 5 – Sistema SEVAL59	108
6.35	La ventana de evaluación para Nivel 5 – Sistema SEVAL59	109
6.36	Resultados de la evaluación a Nivel 5 – Sistema SEVAL59	110
6.37	Perfiles de procesos a Nivel 5 – Sistema SEVAL59	111
6.38	Niveles de capacidad a Nivel 5 – Sistema SEVAL59	112
6.39	Cuadro comparativo de las herramientas de evaluación	114
6.40	Requisitos establecidos para el proceso BSI a Nivel 1	118
6.41	La actividad Preparación del proceso BSI	119

6.42 Indicadores 42 y 43 del proceso BSI - Sistema SEVAL59	121
6.43 Indicadores 44 y 45 del proceso BSI - Sistema SEVAL59	122

Agradecimientos

***Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología – CONACYT
Al Instituto Politécnico Nacional – I.P.N.
Al Centro de Investigación en Computación – C.I.C.***

Por poner a mi alcance el crecimiento académico y profesional.

A mis sinodales.

*Por sus observaciones, sus correcciones, y por darme
la oportunidad de mejorar mi trabajo.*

A mi Directora de Tesis.

Por su paciencia y por todo su apoyo.

A mi hermana.

Por su cariño y su ejemplo de esfuerzo y profesionalismo.

A mi madre.

Por su apoyo incondicional, sus consejos, sus oraciones y por todo su amor.

A Dios.

Por que una vez más muestra su grandeza en mi vida...

Y por la misericordia que siempre ha tenido conmigo.

Resumen

En este trabajo de tesis, se presenta una herramienta auxiliar en la evaluación de procesos de desarrollo y mantenimiento de software aplicando la norma mexicana NMX-I-059-NYCE-2005.

Para generar la herramienta, se realizó un análisis profundo de la norma, la cual toma en cuenta para la evaluación, los procesos definidos por el modelo MoProSoft (Modelo de Procesos para la Industria del Software), que fue desarrollado para su implementación en PyMes del área de Tecnologías de la Información.

El estudio de los elementos normativos permitió definir un conjunto de indicadores de la evaluación que asocia los productos de trabajo y las prácticas base que la norma establece como requisitos.

La herramienta propuesta incluye el conjunto de indicadores para compararlos con la información de la organización durante la evaluación de cada nivel de capacidad. Además genera automáticamente el perfil de los procesos, dictamina automáticamente sobre el nivel de capacidad de los mismos y sobre el nivel de madurez de capacidades de la organización.

Se presenta un análisis comparativo entre algunas herramientas comerciales que se aplican para la evaluación de procesos de software a nivel internacional y la herramienta propuesta en este trabajo.

Abstract

This thesis introduces a software tool, which supports the assessment of software development and maintenance processes, applying the NMX-I-059-NYCE-2005 Mexican standard.

An in-depth analysis of the standard was needed in order to develop the tool. The NMX-I-059-NYCE-2005 standard considers the processes pattern described in the MoProSoft Model (Processes Model for Software Industry), which was developed in Mexico to be implemented in small and middle-sized businesses belonging to the Information Technology sector.

The study of the normative elements made possible the definition of a set of assessment indicators. Such indicators associate the work products to base practices which the norm establishes as requirements

The proposed tool includes this set of indicators in order to match the data of an organization against them during the assessment of each capability level. Also, the tool automatically generates the processes profile, besides automatically diagnoses the capability levels of the processes, and the capability maturity level of the organization.

A comparative analysis between several commercial assessment tools —which are used to assess software processes around the world— and the tool proposed in this work is presented.

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del Problema

En México, la normatividad en materia de procesos de desarrollo de software es relativamente reciente [1], por esta razón, aún no se han generado suficientes herramientas informáticas que proporcionen asistencia en la estandarización y la evaluación de las actividades en una organización o industria productora de software.

En particular, no se cuenta con una herramienta de software que automatizando la evaluación, facilite el proceso de verificación, de acuerdo a alguna norma vigente como la NMX-I-059-NYCE.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Estudiar la normatividad vigente en México, en materia de evaluación de procesos de desarrollo en la industria de software, para generar una herramienta informática auxiliar en la evaluación de los mismos.

1.2.2 Objetivos Específicos

1. Analizar la Norma Mexicana **NMX-I-059-NYCE** en sus cuatro partes:
 - NMX-I-059/01-NYCE-2005. Tecnología de la Información - Software - Modelos de procesos y evaluación para desarrollo y mantenimiento de software - **Parte 01: Definición de conceptos y productos.**
 - NMX-I-059/02-NYCE-2005. Tecnología de la Información - Software - Modelos de procesos y evaluación para desarrollo y mantenimiento de software - **Parte 02: Requisitos de procesos (MoProSoft).**
 - NMX-I-059/03-NYCE-2005. Tecnología de la Información - Software - Modelos de procesos y evaluación para desarrollo y mantenimiento de software - **Parte 03: Guía de Implantación de procesos.**
 - NMX-I-059/04-NYCE-2005. Tecnología de la Información - Software - Modelos de procesos y evaluación para desarrollo y mantenimiento de software - **Parte 04: Directrices para la evaluación de procesos (EvalProSoft).**
2. Generar una herramienta (software), para realizar la evaluación automatizada de los procesos normativos en la industria de software, de acuerdo la norma **NMX-I-059-NYCE**.

1.3 Justificación

La complejidad que presentan las fases que deben seguirse tanto para la estandarización como para la evaluación de los procesos de desarrollo de software, es alta. No obstante, estas acciones son importantes en la industria de software para desarrollar productos y mantener procesos de alta calidad [2]; lo anterior es con el propósito de elevar su competitividad y el nivel de satisfacción de sus clientes, tanto en el ámbito local como en el internacional.

Este entorno de competencia y de una constante búsqueda de calidad en procesos y productos (que también tiene lugar en México), amerita la creación de herramientas y metodologías que favorezcan y simplifiquen la ejecución de las tareas involucradas en la implantación de modelos de procesos y su correspondiente evaluación.

1.4 Beneficios Esperados

Con la creación y posterior utilización de la herramienta de software mencionada, se pretende:

- a) Proporcionar información relevante sobre la norma y sobre el procedimiento de evaluación (documentación sobre la aplicación de la evaluación).
- b) Facilitar el seguimiento a la secuencia de fases que forman parte del proceso de evaluación (la herramienta como guía en el proceso).
- c) Reducir el tiempo y esfuerzo destinados para la generación de los resultados de la evaluación (generación automática de resultados).
- d) Generar de manera automática, la documentación asociada con el proceso de evaluación (documentación generada por el proceso).
- e) Minimizar la posibilidad existente de cometer errores en el proceso de evaluación (exactitud).
- f) Proveer de una herramienta cuyo uso aporte ventajas en el proceso de evaluación y que sea de operación sencilla (útil y de uso fácil).

1.5 Alcances y Límites

La herramienta de software generada, como producto de esta tesis, tendrá su campo de acción de acuerdo con lo siguiente:

- a) Podrá usarse en la industria mexicana del software ya que estará fundamentada en la norma mexicana NMX-I-059-NYCE.
- b) Abarcará los aspectos correspondientes a la evaluación de Procesos de Desarrollo de Software de acuerdo con los requisitos definidos por la norma NMX-I-059-NYCE.

- c) Dictaminará sobre el conjunto de perfiles de los procesos de una organización o industria de software.
- d) Dictaminará sobre el nivel de madurez de capacidades de una organización o industria de software.
- e) No servirá como guía para la implantación del modelo de procesos propuesto por la norma NMX-I-059-NYCE.
- f) La herramienta de software que apoye a realizar de manera automatizada la evaluación tiene como objetivo facilitar este proceso y no se pretende aplicarla como sustituto parcial o total de un proceso de verificación oficial, el cual que es aplicado únicamente por las instancias autorizadas correspondientes.
- g) Los dictámenes proporcionados por la herramienta, no sustituirán de ninguna manera la documentación oficial que avale la verificación según la norma NMX-I-059-NYCE.
- h) La herramienta generada se enfocará en la evaluación y no hará recomendaciones para la mejora dentro de la organización.

1.6 Organización de la Tesis

El contenido restante del presente documento de tesis está estructurado como se indica a continuación:

- Capítulo 2** Presenta una introducción a los conceptos asociados a la calidad del Software, desde dos perspectivas principales: la calidad del producto y la calidad del proceso.
- Capítulo 3** Describe los elementos principales de la norma mexicana NMX-I-006-NYCE que tiene por nombre: “TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN - EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS”.
- Capítulo 4** Presenta una sinopsis del Modelo MoProSoft. Posteriormente describe la norma mexicana NMX-I-059-NYCE-2005 que tiene por nombre: “TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN - MODELOS DE PROCESOS Y EVALUACIÓN PARA DESARROLLO Y MANTENIMIENTO DE SOFTWARE”.
- Capítulo 5** En él, se realiza el análisis y diseño de la arquitectura de la herramienta de evaluación, que servirá de apoyo para la evaluación del cumplimiento de los requisitos de las normas en estudio.

- Capítulo 6** Documenta un caso de prueba y ejemplos de la funcionalidad de la herramienta, un cuadro comparativo con otras herramientas, y las aportaciones de este trabajo.
- Capítulo 7** Muestra las conclusiones obtenidas al término del desarrollo de este trabajo de tesis y de la herramienta generada.

2 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SOFTWARE

2.1 Introducción

Actualmente, empresas y organizaciones de todos los tamaños y giros se han dado cuenta de la relevancia que tiene, para el éxito de sus negocios, ofrecer productos y servicios con un alto grado de calidad y muchas de ellas también están conscientes de que deben concentrarse en alcanzar la satisfacción de sus clientes [3].

De acuerdo a ISO (*International Organization for Standardization, Organización Internacional para la Estandarización*), calidad es: “el grado en que un grupo de características inherentes cumple con los requisitos” [4].

Extendiendo la definición anterior, puede decirse que la calidad del software es: “El grado con el que un sistema, componente o proceso cumple los requerimientos especificados y las necesidades o expectativas del cliente o usuario” [5].

Las organizaciones que desarrollan software, necesitan definir un conjunto de actividades cuidadosamente planificadas que les permita vigilar los procesos y los productos a lo largo de todas las etapas del ciclo de vida de desarrollo del software, para asegurar la calidad del producto final.

Por una parte deben fijar su atención en evaluar el producto en cada una de las fases del ciclo de vida del software, con la finalidad de identificar y corregir las desviaciones con respecto a los requerimientos explícitos e implícitos lo antes posible [6]. Además, se deben evaluar los procesos que forman parte del ciclo de desarrollo de software (e inclusive, aquellos procesos administrativos adyacentes a este ciclo), para verificar que se ejecuten de acuerdo a los planes y procedimientos establecidos por la organización y preferentemente de acuerdo con estándares nacionales e internacionales.

En particular, esta tesis se desarrolla con un enfoque orientado hacia la evaluación de los procesos de desarrollo de software para cumplir con los estándares mexicanos.

2.2 Evaluación del producto de software

Para la evaluación de la calidad de un producto de software, existen varios modelos que manejan distintos atributos de calidad. Generalmente al evaluar estos atributos de calidad por etapas (de acuerdo a una jerarquía de atributos), se puede determinar la calidad del producto de software.

En primer lugar en la jerarquía, se ubican los atributos externos llamados *factores* de calidad, que están definidos a partir de la visión general del usuario del software. Cada uno de los factores se descompone en un conjunto de *atributos* de calidad internos llamados *criterios* de calidad, estos son elementos técnicos que están presentes en un

software de calidad [7]. Por último, cada criterio tiene definido un conjunto de patrones de medición o *métricas* de algunas características del producto de software, las cuales son indicadores del grado de presencia de un determinado atributo de calidad [8].

A continuación se presenta una sinopsis de dos modelos importantes para la evaluación de la calidad en el producto de software.

2.2.1 El modelo de McCall

Este modelo incorpora once factores, desde el punto de vista de tres ejes: *operación* del producto, *revisión* del producto y *transición* del producto (véase Tabla 2.1).

Tabla 2.1 Ejes, Factores y Criterios del modelo de McCall.

EJES	FACTORES	CRITERIOS
OPERACIÓN DEL PRODUCTO	Facilidad de uso	- Facilidad de operación. - Facilidad de comunicación. - Facilidad de aprendizaje. - Formación.
	Integridad	- Control de accesos. - Facilidad de auditoría. - Seguridad.
	Corrección	- Completitud. - Consistencia. - Trazabilidad o rastreabilidad.
	Confiabilidad	- Precisión. - Consistencia. - Tolerancia a fallos. - Modularidad. - Simplicidad. - Exactitud.
	Eficiencia	- Eficiencia en ejecución. - Eficiencia en almacenamiento.
REVISIÓN DEL PRODUCTO	Facilidad de mantenimiento	- Modularidad. - Simplicidad. - Consistencia. - Concisión. - Auto descripción.
	Facilidad de prueba	- Modularidad. - Simplicidad. - Auto descripción. - Instrumentación.
	Flexibilidad	- Auto descripción. - Capacidad de expansión. - Generalidad. - Modularidad.

TRANSICIÓN DEL PRODUCTO	Reusabilidad	<ul style="list-style-type: none"> - Auto descripción. - Generalidad. - Modularidad. - Independencia entre sistema y software. - Independencia del hardware.
	Interoperabilidad	<ul style="list-style-type: none"> - Modularidad. - Compatibilidad de comunicaciones. - Compatibilidad de datos. - Estandarización en los datos.
	Portabilidad	<ul style="list-style-type: none"> - Auto descripción. - Modularidad. - Independencia entre sistema y software. - Independencia del hardware.

Las métricas son preguntas, que ponderan numéricamente un determinado atributo del producto de software. Tras obtener los valores para todas las métricas de un criterio específico el promedio de ellas es el valor para dicho criterio [9].

2.2.2 ISO/IEC 9126

Es un estándar internacional producido por ISO, aplicable a todo tipo de software. Está basado en un modelo jerárquico con tres niveles: Características, Subcaracterísticas y Métricas. Cada característica está integrada por un conjunto de subcaracterísticas. Cada subcaracterística es evaluada por un conjunto de métricas [10].

En el primer nivel se presentan seis características principales: Funcionalidad, Confiabilidad, Eficiencia, Facilidad de Mantenimiento, Portabilidad y Facilidad de Uso (véase Figura 2.1). Estas características (Factores) están compuestas a su vez por 27 subcaracterísticas (Subfactores) relacionadas con la calidad externa y 21 subcaracterísticas, relacionadas con la calidad interna (véase Tabla 2.2).

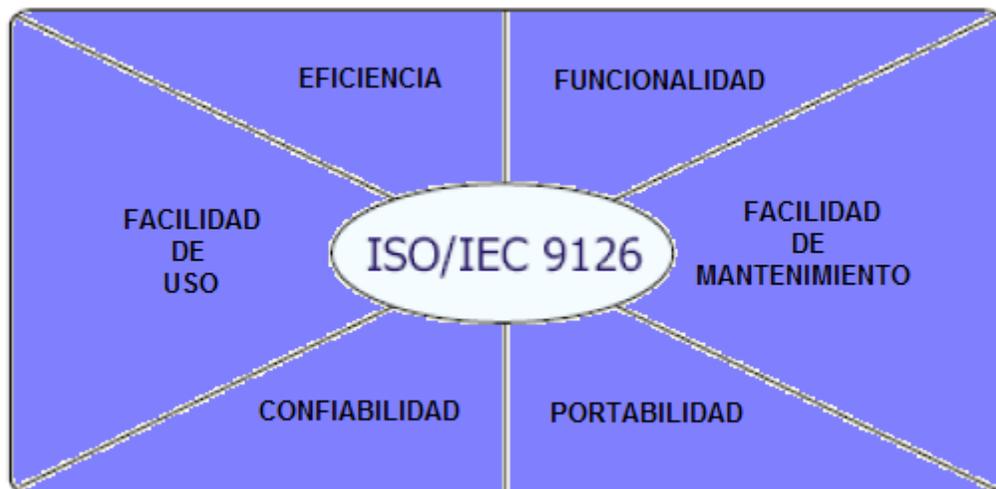


Figura 2.1 Características de primer nivel en ISO/IEC 9126.

Tabla 2.2 Características y Subcaracterísticas internas ISO/IEC 9126.

CARACTERÍSTICA	SUBCARACTERÍSTICA
EFICIENCIA	- Tiempo de respuesta - Uso de recursos
FUNCIONALIDAD	- Adaptabilidad - Exactitud - Interoperabilidad - Conformidad - Seguridad
FACILIDAD DE MANTENIMIENTO	- Facilidad de análisis - Facilidad de cambios - Estabilidad - Facilidad de prueba
PORTABILIDAD	- Adaptabilidad - Facilidad de instalación - Similaridad - Facilidad de reemplazo
CONFIABILIDAD	- Madurez - Tolerancia a fallas - Recuperabilidad
FACILIDAD DE USO	- Facilidad de entendimiento - Facilidad de aprendizaje - Operabilidad

2.3 Evaluación del proceso de desarrollo de software

En general, hablando de la calidad de los procesos de desarrollo de software, puede comentarse que se busca determinar su rendimiento para corregir problemas, a fin de que impacten de manera positiva en el nivel de madurez de una organización. Atendiendo correctamente el estado de los procesos de una organización, se puede lograr mejorarlos, disminuir los costos de desarrollo (tanto directos como indirectos), aumentar la productividad y elevar la calidad de los productos [11].

Un Proceso de desarrollo de software, como lo define Lonchamp [12] es: *“Un conjunto de actividades, artefactos, recursos computacionales y humanos, estructuras organizacionales y restricciones, usados para desarrollar y mantener los entregables de software requeridos”*.

El concepto de “entregable de software” aplicado en esta definición se refiere tanto a los programas, componentes y sistemas, como a la variedad de documentos asociados al mismo (entre otros, los documentos de planificación, diseño, código, casos de prueba, manuales de usuario, manuales de mantenimiento, reportes) [14], esto es, un producto de software.

Al evaluar las actividades que intervienen en el desarrollo de un producto de software, se busca establecer cual es su estado actual para compararlo con el estado deseado. El estado actual o deseado de un proceso se asocia directamente con su rendimiento, es decir, los resultados logrados actualmente o que se pretenden alcanzar (potencialmente) siguiendo ese proceso de software. Todas las tareas que intervienen en el desarrollo de un producto de software deben ser tratadas como procesos, con la finalidad de que puedan ser medidas y controladas.

A continuación se presenta una sinopsis del modelo CMM y de dos estándares internacionales, considerados importantes para la evaluación de los procesos de desarrollo software.

2.3.1 CMM-SEI

El modelo CMM (*Capability Maturity Model, Modelo de Madurez de Capacidades*) del SEI (*Software Engineering Institute, Instituto de Ingeniería de Software*), surgió como resultado de los esfuerzos que el mencionado instituto realizó con el objetivo de auxiliar a las organizaciones desarrolladoras de software a mejorar sus procesos.

CMM es un modelo que determina la madurez de los procesos de desarrollo de software y que busca mejorar esa madurez, reconociendo las prácticas clave necesarias para lograrlo [13].

La Figura 2.2, describe la estructura del marco de trabajo de CMM. En el nivel inferior se encuentran las **Prácticas Clave** (Key Practices), las cuales describen los elementos de infraestructura y las actividades que contribuyen de manera efectiva a la implementación de las **Áreas Clave del Proceso** (Key Process Areas).

Ascendiendo en la figura, las **Características Comunes** (Common Features), abarcan prácticas que implementan e institucionalizan un *Área Clave del Proceso*.

En un nivel superior, las **KPA** (*Key Process Areas, Áreas Clave del Proceso*), identifican un grupo de actividades relacionadas que al ejecutarse en conjunto, consiguen *Metas* importantes. Las **Metas** (Goals) implican el alcance, límites y aspiración de cada *Área clave del Proceso*.

Finalmente, en la cúspide se encuentran los **Niveles de Madurez** (Maturity Levels). Un *Nivel de Madurez* es una plataforma evolutiva bien definida, en la búsqueda de la madurez de un proceso de desarrollo de software.

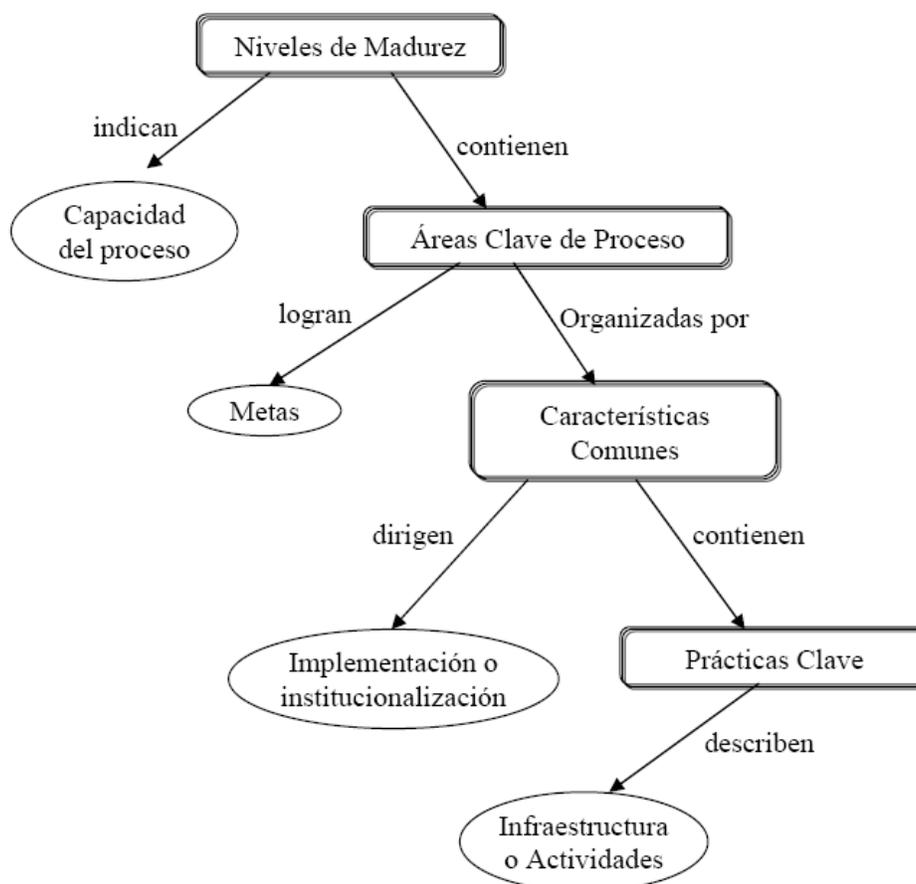


Figura 2.2 Estructura del marco de trabajo de CMM.

2.3.2 ISO/IEC 12207

Esta norma que tiene por nombre “Software Life-cycle Processes” (Procesos del Ciclo de Vida del Software), se publicó en 1995 [15]. Describe los procesos principales que componen un ciclo de vida de software integral, incluyendo las relaciones que rigen las interacciones entre esos procesos. También señala la forma en que se puede ajustar el estándar a una organización o proyecto determinados.

El estándar pretende abarcar la totalidad de la vida de un software y no solamente el desarrollo. Detalla los procesos del ciclo de vida de software agrupados en 3 grandes clases: Procesos Primarios, Procesos de Soporte y Procesos de Organización (véase Tabla 2.3).

Un proceso *Primario*, puede servirse de un proceso de soporte para cumplir sus objetivos. Cuando se inicia un proceso Primario, implícitamente se presenta una asociación con uno o más procesos de *Soporte* y de administración (*Organización*). Los Procesos de Organización se llevan a cabo a un nivel de empresa.

Cada proceso es considerado como un conjunto de actividades, las que a su vez se subdividen en tareas. Finalmente, las tareas son las entidades que transforman las entradas del proceso y generan sus salidas.

Tabla 2.3 Clases de Procesos y Procesos en ISO/IEC 12207.

CLASES DE PROCESOS	PROCESOS
PROCESOS PRIMARIOS	<ul style="list-style-type: none"> * Adquisición * Suministro * Desarrollo * Operación * Mantenimiento
PROCESOS DE SOPORTE	<ul style="list-style-type: none"> * Documentación * Gestión de la Configuración * Aseguramiento de Calidad * Validación de la Verificación * Revisiones en Grupo * Auditoría * Resolución de Problemas * Funcionalidad * Evaluación del Producto
PROCESOS DE ORGANIZACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> * Administración * Infraestructura * Mejora * Entrenamiento * Recursos Humanos * Administración de Activos * Administración del Programa de Reutilización * Ingeniería de Dominio

2.3.3 ISO/IEC 15504

El estándar 15504 de la ISO/IEC, que tiene como título “Process Assessment” (Evaluación del Proceso de Software), establece cuales son los requisitos para realizar una evaluación de los procesos de desarrollo de software, para determinar su capacidad y para lograr una mejora de dichos procesos.

Desde sus inicios, se pretendía que la norma llegara a ser de carácter internacional. Su primera versión se publicó como Reporte Técnico en 1998 (ISO/IEC TR

15504) y ha tenido una evolución importante, para llegar a ser actualmente un estándar internacional (vigente desde la revisión que tuvo en 2003) [16].

La evaluación del proceso de desarrollo de software se realiza con base en un modelo de referencia bidimensional que toma en cuenta a los procesos y sus capacidades. Para evaluar los procesos, se acude a un modelo de referencia externo, que enmarca un conjunto de procesos en cinco categorías (véase Tabla 2.4).

Tabla 2.4 Categorías de procesos y procesos en ISO/IEC 15504.

CATEGORÍA	PROCESO
<p>CUS</p> <p>CLIENTE - PROVEEDOR (Customer- Supplier)</p>	<p>CUS.1 Adquisición de software</p> <p>CUS.2 Administración de las necesidades del cliente</p> <p>CUS.3 Suministro de software</p> <p>CUS.4 Operación de software</p> <p>CUS.5 Servicio al cliente</p>
<p>ENG</p> <p>INGENIERÍA (Engineering)</p>	<p>ENG.1 Desarrollo de los requisitos y diseño del sistema</p> <p>ENG.2 Desarrollo de los requisitos software</p> <p>ENG.3 Desarrollo del diseño software</p> <p>ENG.4 Implementación del diseño software</p> <p>ENG.5 Integración y prueba del software</p> <p>ENG.6 Integración y prueba del sistema</p> <p>ENG.7 Mantenimiento del sistema y del software</p>
<p>SUP</p> <p>SOPORTE (Support)</p>	<p>SUP.1 Desarrollo de documentación</p> <p>SUP.2 Realización de la gestión de la configuración</p> <p>SUP.3 Realización del aseguramiento de la calidad</p> <p>SUP.4 Realización de la verificación del producto</p> <p>SUP.5 Realización de la validación del producto</p> <p>SUP.6 Realización de revisiones conjuntas</p> <p>SUP.7 Realización de auditorías</p> <p>SUP.8 Resolución de problemas</p>
<p>MAN</p> <p>ADMINISTRACIÓN (Management)</p>	<p>MAN.1 Administración del proyecto</p> <p>MAN.2 Administración de la calidad</p> <p>MAN.3 Administración de riesgos</p> <p>MAN.4 Administración de subcontratistas</p>
<p>ORG</p> <p>ORGANIZACIÓN (Organization)</p>	<p>ORG.1 Ingeniería del negocio</p> <p>ORG.2 Definición del proceso</p> <p>ORG.3 Mejora del proceso</p> <p>ORG.4 Recursos humanos con habilidades</p> <p>ORG.5 Infraestructura de ingeniería del software</p>

Para la evaluación de las capacidades se utiliza un marco de trabajo que contiene seis niveles de capacidad del proceso, los cuales pueden describirse de la manera siguiente:

- **Nivel 0 (Incompleto):** El proceso no está implementado, o falla en el cumplimiento de su propósito. No hay atributos para este nivel.
- **Nivel 1 (Realizado):** El proceso ya está implementado y cumple con su propósito definido. Atributos: *1.1 Rendimiento del Proceso.*
- **Nivel 2 (Administrado):** El proceso se realiza siguiendo una planificación y procedimientos específicos. Se toman en cuenta los requisitos de calidad, de tiempo y recursos. Atributos: *2.1 Administración del Rendimiento, 2.2 Administración del Producto.*
- **Nivel 3 (Establecido):** Se administra el proceso de acuerdo con los principios y buenas prácticas de la Ingeniería de Software. Atributos: *3.1 Definición del Proceso, 3.2 Recursos del Proceso.*
- **Nivel 4 (Previsible):** El proceso está solidamente establecido y se realiza de forma consistente dentro de límites de control claramente definidos. Atributos: *4.1 Medición del Proceso, 4.2 Control del Proceso.*
- **Nivel 5 (Optimizado):** El proceso cumple repetidamente sus objetivos y se mejora continuamente para satisfacer las metas de negocios actuales y las proyectadas. Atributos: *5.1 Cambio de Proceso, 5.2 Mejora Continua.*

3 NORMA MEXICANA NMX-I-006-NYCE

3.1 Descripción general

La norma mexicana NMX-I-006-NYCE, lleva por nombre “TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN-EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS” y está en completa concordancia con la norma internacional ISO/IEC 15504. Las partes que la integran la norma mexicana son idénticas (pero traducidas al Español, es decir, están armonizadas) a las partes del estándar internacional [25].

En esta norma mexicana se ofrece un método estructurado para evaluar procesos de Tecnologías de Información, que tiene como propósitos:

- la mejora de los procesos de una organización
- definir si los procesos de una organización cumplen con un requisito o clase de requisitos (generalmente expresados por sus clientes), o
- decidir si los procesos de otra organización son adecuados a un contrato (para tomarlos como proveedores) [22].

La norma no es certificable, solamente es verificable, esto significa que los resultados de una verificación de procesos se consiguieron en un determinado momento y bajo condiciones específicas, por lo cual son válidos únicamente en el período en que la verificación fue realizada. El esquema anterior tiene como resultado final un Dictamen de Conformidad con los requisitos de la norma [25].

La norma NMX-I-006-NYCE tiene cinco partes:

- **Parte 01:** Conceptos y vocabulario.
Introduce los conceptos de la evaluación del proceso y también proporciona los términos relacionados con la misma. Esta parte es informativa.
- **Parte 02:** Realización de una evaluación.
Establece los requisitos mínimos para realizar una evaluación, que ofrezca la certeza de que habrá consistencia en la repetición de las calificaciones. Esta parte es normativa.
- **Parte 03:** Guía para realizar una evaluación.
Presenta una guía para la interpretación de los requisitos (definidos en la parte 02). Esta parte es informativa.
- **Parte 04:** Guía de uso para la mejora de los procesos y para la determinación de la capacidad de los procesos.
Muestra como usar una evaluación (que cumpla con los requisitos definidos en la parte 02) como parte de un programa de mejora de procesos o para determinar la capacidad de los mismos. Esta parte es informativa.
- **Parte 05:** Ejemplo de un modelo de evaluación de los procesos.

Muestra un modelo de evaluación de procesos conforme con la parte 02 de la NMX-I-006-NYCE. Esta parte es informativa.

Las cinco partes de la norma se encuentran estrechamente relacionadas y en conjunto forman un marco integral de evaluación de procesos robusto y confiable cuyo alcance es bastante extenso. Su diseño busca generar resultados de la evaluación (de procesos) que sean repetibles, objetivos y comparables en circunstancias similares.

En particular, para el desarrollo de esta Tesis, es muy importante detallar los aspectos contenidos en esta norma, en relación con los requisitos para realizar una evaluación, y el modelo de evaluación propuesto por la misma (partes 02 y 05).

3.2 Requisitos para la realización de una evaluación

La evaluación debe cumplir con una serie de requisitos [23], para estar en conformidad con la NMX-I-006-NYCE. El cumplimiento de estos requisitos da la certeza de que el resultado de la evaluación es consistente y que suministra evidencia para soportar las calificaciones obtenidas.

3.2.1 El proceso de evaluación

3.2.1.1 Proceso documentado

Es necesario contar con un proceso de evaluación documentado que permita cumplir con el propósito de la evaluación. El proceso debe incluir un conjunto de actividades que se describen a continuación:

- a) **Planeación.** Que permitirá identificar y documentar las entradas, los recursos y el calendario asociados a las actividades de la evaluación, así como las responsabilidades de los participantes y los resultados planificados de la misma. También se deben considerar los criterios para comprobar el cumplimiento de los requisitos de la NMX-I-006-NYCE.
- b) **Recopilación de datos.** De manera sistemática, se deben reunir los datos para la evaluación (evidencia objetiva). Los datos obtenidos deben ser suficientes para lograr el propósito y alcance de la evaluación. Además se debe registrar y mantener la evidencia objetiva para soportar la verificación de las calificaciones.
- c) **Validación de datos.** La evidencia reunida debe validarse para confirmar que es objetiva y que es suficiente y representativa. Los datos deben ser totalmente consistentes.
- d) **Calificación de los atributos de proceso.** Se deben registrar las calificaciones de los atributos del proceso como un perfil del proceso. Para obtener estas calificaciones el juicio de los evaluadores debe apoyarse en un

conjunto de indicadores bien definido, lo que permitirá la repetición de resultados en las evaluaciones.

- e) **Generación de reportes.** Los resultados deben documentarse en el registro de evaluación y proporcionarse al promotor de la evaluación.

3.2.1.2 Roles y responsabilidades

Durante la ejecución de las actividades anteriormente descritas, es necesario que:

- a) **El promotor de la evaluación.** Verifique que el evaluador tenga las competencias necesarias, asegure la disponibilidad de recursos para realizar la evaluación y que el grupo evaluador pueda usarlos.
- b) **El evaluador competente.** Confirme el compromiso del promotor para que la evaluación se lleve a cabo y asegure el cumplimiento de los requisitos de la NMX-I-006-NYCE durante la evaluación. También debe comprobar que los participantes conocen el propósito y alcance de la evaluación y que el grupo evaluador tiene el conocimiento, la información y las habilidades necesarias. Finalmente debe confirmar la entrega de los resultados a promotor.
- c) **Los evaluadores.** Ejecuten las actividades de evaluación asignadas (recopilación y validación de datos y generación de reportes).

3.2.2 Marco de medición de la capacidad

Para la evaluación de los procesos, la NMX-I-006-NYCE define una escala de seis niveles [25], en la cual se puede ubicar la capacidad de los procesos de la organización (véase Figura 3.1).

Es importante mencionar que para la medición de la capacidad se utiliza un conjunto de Atributos de proceso, donde cada uno de ellos precisa un aspecto de un Nivel de capacidad y es calificado para conocer su logro. El nivel de capacidad de un proceso se obtiene a partir de las calificaciones de los atributos de proceso.

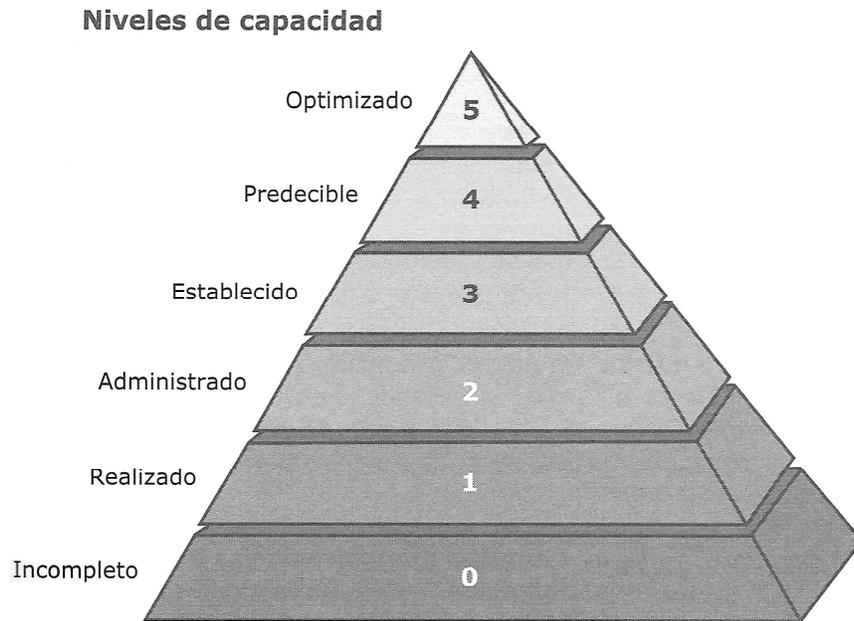


Figura 3.1 Niveles de Capacidad en la NMX-I-006-NYCE.

La norma define un conjunto de nueve atributos de proceso, los cuales están asociados a los seis niveles de capacidad como se muestra en la Tabla 3.1. Para calificar el cumplimiento de un atributo de proceso, se utiliza una escala ordinal de cuatro puntos (véase Tabla 3.2).

Tabla 3.1 Niveles de capacidad y atributos de proceso.

NIVEL DE CAPACIDAD	ATRIBUTOS DE PROCESO
<p>Nivel 0: Proceso incompleto <i>El propósito no está implementado o no se cumple el propósito del proceso.</i></p>	Ninguno.
<p>Nivel 1: Proceso realizado <i>El proceso implementado logra su propósito.</i></p>	AP 1.1 Atributo de la realización del proceso
<p>Nivel 2: Proceso gestionado <i>El proceso realizado previamente descrito se implementa de manera administrada (planeado, supervisado y ajustado) y sus productos de trabajo están apropiadamente establecidos, controlados y mantenidos.</i></p>	<p>AP 2.1 Atributo de gestión de la realización</p> <p>AP 2.2 Atributo de gestión del producto de trabajo</p>

<p>Nivel 3: Proceso establecido <i>El proceso gestionado previamente descrito se implementa mediante el proceso definido, el cual es capaz de lograr los resultados del proceso.</i></p>	<p>AP 3.1 Atributo de definición del proceso AP 3.2 Atributo de implementación del proceso</p>
<p>Nivel 4: Proceso predecible <i>El proceso establecido, previamente descrito, opera dentro de ciertos límites para lograr sus Resultados.</i></p>	<p>AP 4.1 Atributo de medición del proceso AP 4.2 Atributo de control del proceso</p>
<p>Nivel 5: Optimización del proceso <i>El proceso predecible previamente descrito se mejora continuamente para lograr las metas de negocio actuales y futuras aplicables.</i></p>	<p>AP 5.1 Atributo de innovación del proceso. AP 5.2 Atributo de optimización del proceso</p>

Tabla 3.2 Escala ordinal para la calificación de los atributos de proceso.

PUNTOS (ESCALA)	INTERPRETACIÓN
<p>N No logrado</p>	<p>Existe poca o nula evidencia del cumplimiento del atributo definido del proceso evaluado.</p>
<p>P Parcialmente logrado</p>	<p>Existe evidencia de una aproximación, o se ha alcanzado parcialmente el atributo definido del proceso evaluado. Algunos aspectos del cumplimiento del atributo pueden ser impredecibles.</p>
<p>L Consideradamente logrado</p>	<p>Existe evidencia de una aproximación sistemática, o ya se ha alcanzado hasta cierto grado el atributo definido para el proceso evaluado. Podrían existir algunas debilidades relacionadas con este atributo del proceso evaluado.</p>
<p>F Completamente logrado</p>	<p>Existe evidencia de una aproximación sistemática y completa de que se ha alcanzado el atributo definido del proceso evaluado. No existen debilidades significativas relacionadas con este atributo del proceso evaluado.</p>

Cada uno de los cuatro puntos en la escala anterior se relaciona con un rango de porcentaje de cumplimiento como lo muestra la Tabla 3.3.

Tabla 3.3 Puntos de la escala ordinal y porcentajes asociados.

PUNTOS	VALOR
N	de 0 a 15%
P	>15% a 50%
L	>50% a 85%
F	más de 85%

Cuando se ha obtenido el conjunto de calificaciones de los atributos para un proceso en particular, se puede decir que se ha obtenido el perfil del proceso. El perfil de un proceso define el nivel de capacidad del mismo, como puede verse en la Tabla 3.4.

Al realizar una evaluación, se obtiene como resultado el conjunto de perfiles de los procesos, que corresponde a todos los procesos que se evaluaron.

Tabla 3.4 Perfiles de proceso requeridos por nivel de capacidad.

NIVEL DE CAPACIDAD	ATRIBUTOS DE PROCESO	CALIFICACIONES REQUERIDAS (Perfil de proceso)
1	AP 1.1	L o F
2	AP 1.1	F
	AP 2.1 AP 2.2	L o F L o F
3	AP 1.1	F
	AP 2.1	F
	AP 2.2	F
	AP 3.1 AP 3.2	L o F L o F
4	AP 1.1	F
	AP 2.1	F
	AP 2.2	F
	AP 3.1	F
	AP 3.2	F
	AP 4.1 AP 4.2	L o F L o F

5	AP 1.1	F
	AP 2.1	F
	AP 2.2	F
	AP 3.1	F
	AP 3.2	F
	AP 4.1	F
	AP 4.2	F
	AP 5.1	L o F
	AP 5.2	L o F

3.2.3 Modelo de evaluación

De acuerdo a la NMX-I-006-NYCE, un *modelo de evaluación del proceso* es: “Un modelo compatible con el propósito de evaluación de la capacidad del proceso, basado en uno o más *modelos de procesos de referencia*.”

Esta definición establece a su vez otro elemento, el *modelo de procesos de referencia*:

“Un modelo que comprende las definiciones de los procesos en un ciclo de vida descrito, en términos del propósito del proceso y de los resultados, junto con una arquitectura que describe la relación entre los procesos.”

El modelo de procesos de referencia es externo a la NMX-I-006-NYCE y debe contener la descripción de los procesos a evaluar, el dominio (por ejemplo: Desarrollo y Mantenimiento de software) al que pertenecen y como se relacionan entre sí.

Al describir los procesos que incorpora, un modelo de procesos de referencia debe considerar lo siguiente:

- Una declaración del propósito del proceso, que describe los objetivos de realización junto con los resultados esperados.
- El conjunto de resultados del proceso debe ser suficiente para lograr el propósito del mismo.
- En las descripciones de los procesos, los elementos no deben de tener un alcance mayor a nivel 1.

Ahora bien, el modelo de evaluación del proceso, esta estrechamente relacionado con el modelo de procesos de referencia. Esta relación se plasma en una faceta denominada **dimensión del proceso**.

Así mismo, también se considera la **dimensión de la capacidad**, en la cual se consideran los niveles de capacidad y los atributos de proceso descritos en la sección 3.2.2 de esta tesis. La Figura 3.2 ilustra las dos dimensiones.

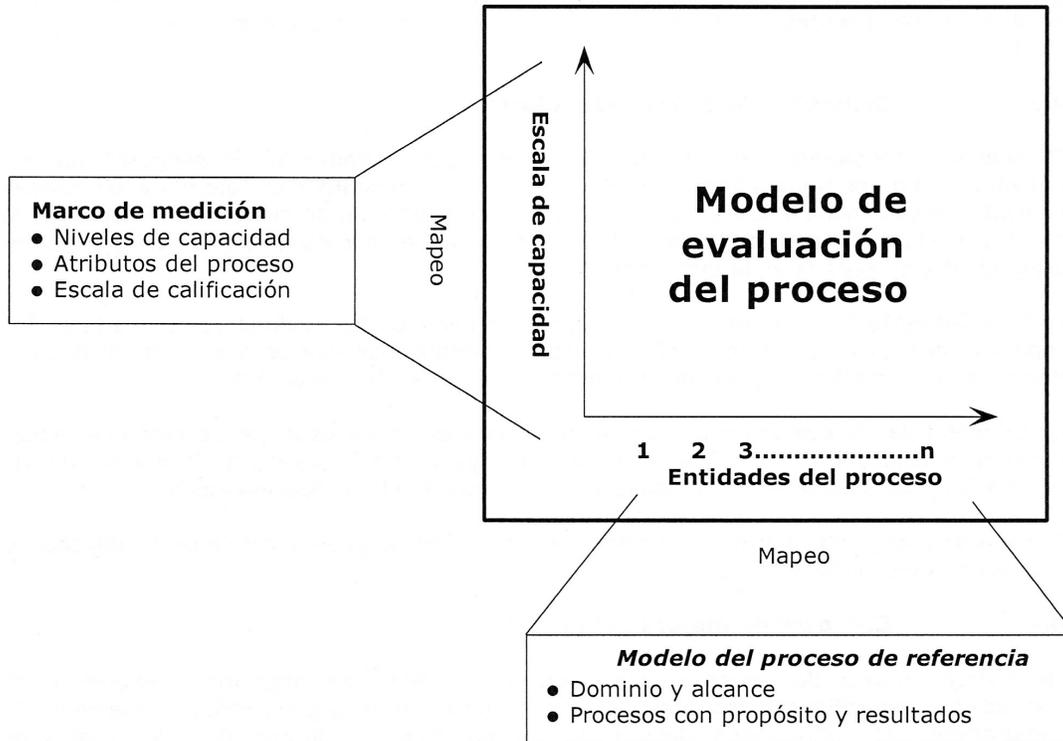


Figura 3.2 Dimensiones y Modelo de Evaluación.

Como puede verse, el modelo de evaluación debe incluir elementos tomados directamente de los procesos que incluye el modelo de procesos de referencia y también elementos del marco de medición establecido por la NMX-I-006-NYCE.

El modelo de evaluación de procesos debe sustentarse en un conjunto de **indicadores de evaluación** que permitan determinar el cumplimiento de los atributos de proceso para todos los procesos que se encuentren en el alcance de la evaluación. Estos indicadores se relacionan directamente con los propósitos y los resultados (dimensión del proceso) y con los atributos de proceso (dimensión de la capacidad).

Los resultados de la evaluación deben expresarse como un conjunto de calificaciones de los atributos de proceso, para cada proceso en el alcance de la evaluación (perfiles de proceso).

3.3 El modelo de evaluación

La parte 05 de la norma NMX-I-006-NYCE, define un ejemplo de *modelo de evaluación del proceso*, de conformidad con los requisitos expresados en la parte 02 de la misma norma. Este modelo de evaluación toma como modelo de procesos de referencia al establecido en la norma NMX-I-045-NYCE, e incluye los atributos de proceso establecidos en el marco de medición de la capacidad que se describe en la sección 3.2.2 de esta tesis.

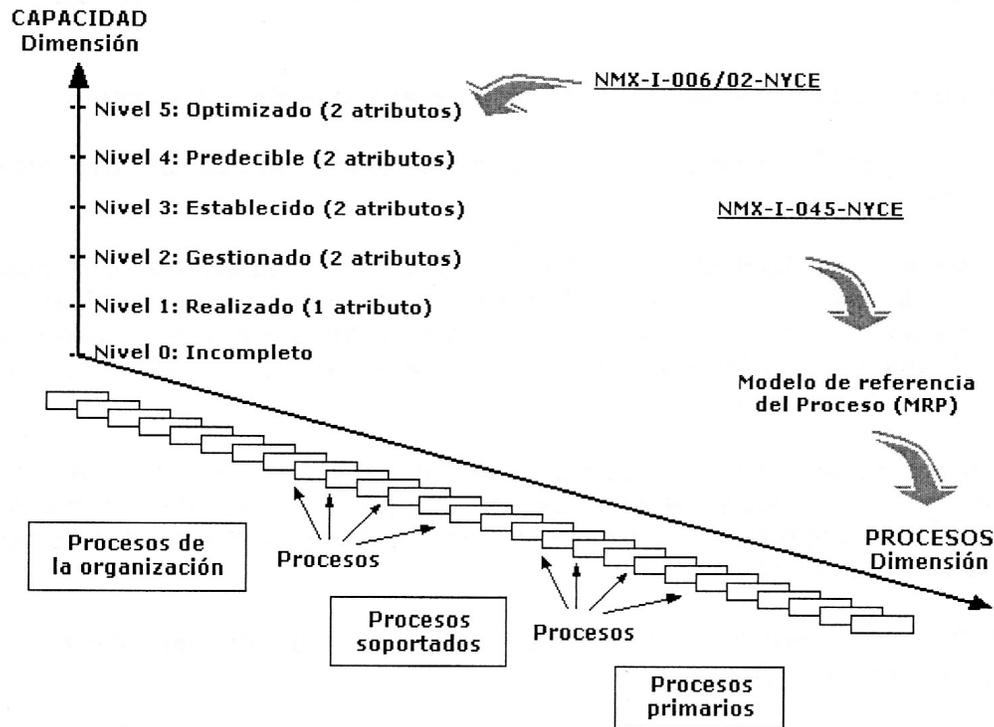


Figura 3.3 Modelo de evaluación.

El modelo mencionado es bidimensional ya que incluye la dimensión del proceso y la dimensión de la capacidad (ver sección 3.2.3). En la Figura 3.3, se expresa la relación existente entre la parte 02 de la NMX-I-006-NYCE y la NMX-I-045-NYCE dentro de la estructura bidimensional del modelo de evaluación del proceso.

Para realizar una evaluación, las descripciones de proceso y sus resultados (modelo de procesos de referencia) y las definiciones de los atributos de proceso (sección 3.2.2) no son suficientes. Se requiere ir a un mayor nivel de detalle, definiendo un grupo de indicadores de desempeño y de la capacidad de los procesos.

El modelo de evaluación de ejemplo establece un conjunto de indicadores de la evaluación que un evaluador usará al reunir la evidencia objetiva que le permitirá calificar los atributos de proceso.

3.3.1 Indicadores de la evaluación

Hay dos tipos de indicadores de la evaluación, los **indicadores de desempeño** (que se utilizan en el nivel de capacidad 1) y los **indicadores de capacidad** (que se utilizan en los niveles de capacidad 1 a 5). Estos indicadores constituyen el tipo de evidencia objetiva que se busca en un proceso implantado para poder evaluar el nivel de capacidad que alcanza el mismo (véase Figura 3.4).

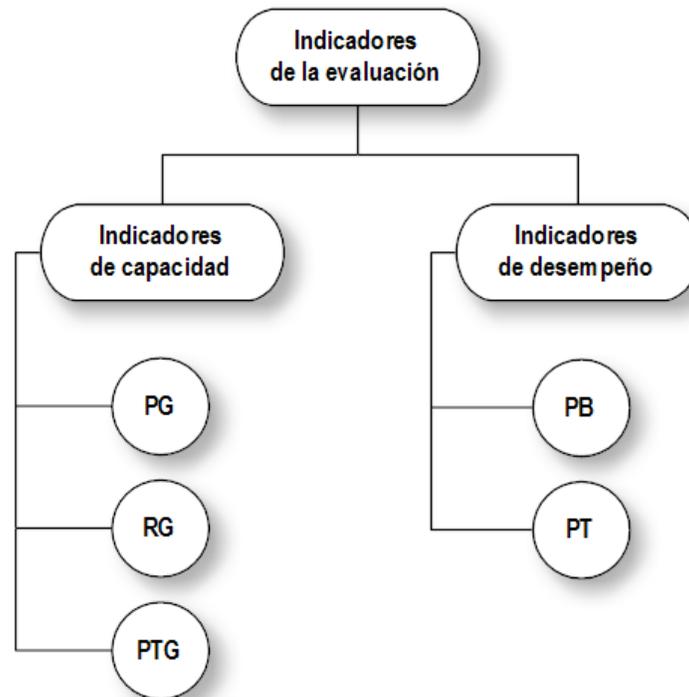


Figura 3.4 Indicadores de la evaluación.

Existen tres tipos de indicadores de capacidad: **Práctica Genérica**, **Recurso Genérico** y **Producto de trabajo Genérico** (PG, RG y PTG respectivamente) [24]. Estos indicadores soportan la dimensión de la capacidad del modelo de evaluación.

- **Práctica genérica (PG).** Son los principales indicadores de capacidad. De acuerdo con la parte 01 de la NMX-I-006-NYCE, una Práctica genérica es: “Una actividad, que cuando se realiza de manera consistente, contribuye a que se logre un atributo del proceso específico”.

- **Recurso Genérico (RG).** Son recursos asociados a la realización de un proceso, cuya disponibilidad muestra el potencial para alcanzar el éxito de un atributo de proceso.
- **Producto de Trabajo Genérico (PTG).** Muestran una serie de características que deberían encontrarse en los **Productos de trabajo (PT)** de todos los tipos de proceso, como resultado del logro de un determinado atributo de proceso.

Como puede verse, los indicadores de capacidad están relacionados con los atributos de proceso (dimensión de la capacidad) del modelo de evaluación. Si se realizan y/o existen, los indicadores de capacidad sustentan el cumplimiento de un atributo de proceso.

La Parte 05 de la NMX-I-006-NYCE, presenta un conjunto de indicadores de capacidad aplicables a cualquier proceso para evaluar los niveles descritos por el marco de medición. En el Apéndice A de esta tesis se muestran como ejemplo los indicadores asociados a los atributos de proceso del nivel 2.

Por otra parte, hay dos tipos de indicadores de desempeño: **Práctica base (PB)** y **Producto de trabajo (PT)**. Estos indicadores están relacionados con los procesos en la dimensión del proceso del modelo de evaluación.

- **Práctica base (PB).** Es una actividad operativa derivada del propósito de un proceso en particular. Al realizar consistentemente las Prácticas base de un proceso, se deberían lograr los resultados que ayudan a alcanzar el propósito del mismo de manera consistente.
- **Producto de trabajo (PT).** En la parte 01 de la NMX-I-006-NYCE, se define un Producto de trabajo como: “Un artefacto asociado con la ejecución de un proceso”. Durante la ejecución de actividades de un proceso se generan distintos productos de trabajo que pueden usarse para alcanzar el propósito del mismo. Cada producto de trabajo tiene un grupo de características propias que determinan el desempeño efectivo de las actividades en un proceso.

Los indicadores de desempeño están directamente relacionados con cada uno de los procesos (dimensión del proceso) del modelo de evaluación. Si se realizan y/o existen, los indicadores de desempeño soportan el logro del propósito de un proceso.

3.3.2 Los procesos del modelo de procesos de referencia

En la dimensión del proceso, el modelo de evaluación toma en cuenta los cuarenta y ocho procesos de la NMX-I-045-NYCE, clasificándolos en categorías y grupos.

La categoría de Procesos del Ciclo de Vida Primario incluye los procesos que tienen relación directa con el desarrollo, operación o mantenimiento de los productos de software (véase Tabla 3.5). La categoría de Procesos del Ciclo de Vida de Soporte consta de los procesos que soportan a otros procesos (véase Tabla 3.6). La categoría de Procesos del Ciclo de Vida de la Organización, incluye los procesos utilizados para establecer una estructura básica de organización con personal y procesos del ciclo de vida asociado (véase Tabla 3.7).

Tabla 3.5 Categoría de Procesos del Ciclo de Vida Primario.

GRUPO	PROCESOS
ADQUISICIÓN (ADQ)	ADQ.1 Preparación de la adquisición ADQ.2 Selección del proveedor ADQ.3 Acuerdo del contrato ADQ.4 Seguimiento del proveedor ADQ.5 Aceptación del cliente
SUMINISTRO (SUM)	SUM.1 Licitación del proveedor SUM.2 Liberación del producto SUM.3 Soporte para la aceptación del producto
INGENIERÍA (ING)	ING.1 Adquisición de los requisitos ING.2 Análisis de los requisitos del sistema ING.3 Diseño arquitectónico del sistema ING.4 Análisis de los requisitos del software ING.5 Diseño de software ING.6 Desarrollo del software ING.7 Integración del software ING.8 Prueba del software ING.9 Integración del sistema ING.10 Prueba del sistema ING.11 Instalación del software ING.12 Mantenimiento del software y del sistema
OPERACIÓN (OPE)	OPE.1 Uso operativo OPE.2 Soporte al cliente

Tabla 3.6 Categoría de Procesos del Ciclo de Vida de Vida de Soporte.

GRUPO	PROCESOS
--------------	-----------------

SOPORTE (SOP)	SOP.1 Aseguramiento de la calidad SOP.2 Verificación SOP.3 Validación SOP.4 Revisión conjunta SOP.5 Auditoría SOP.6 Evaluación del producto SOP.7 Documentación SOP.8 Gestión de la configuración SOP.9 Gestión de la solución del problema SOP.10 Gestión de la solicitud de cambio
--------------------------	---

Tabla 3.7 Categoría de Procesos del Ciclo de Vida de la Organización.

GRUPO	PROCESOS
GESTIÓN (GES)	GES.1 Coordinación de la organización GES.2 Gestión de la organización GES.3 Gestión del proyecto GES.4 Gestión de la calidad GES.5 Gestión del riesgo GES.6 Medición
MEJORA DEL PROCESO (MEP)	MEP.1 Establecimiento del proceso MEP.2 Evaluación del proceso MEP.3 Mejora del proceso
RECURSOS E INFRAESTRUCTURA (RIN)	RIN.1 Gestión de Recursos Humanos RIN.2 Capacitación RIN.3 Gestión del Conocimiento RIN.4 Infraestructura
REUTILIZACIÓN (REU)	REU.1 Gestión del activo REU.2 Gestión del programa de reutilización REU.3 Ingeniería de dominio

4 NORMA MEXICANA NMX-I-059-NYCE

4.1 Modelo de procesos de software MoProSoft (México)

La norma mexicana NMX-I-059-NYCE, está basada en el Modelo de Procesos para la Industria de Software, también conocido como MoProSoft. Este modelo fue generado en 2002 en respuesta a la Estrategia 6 del Programa para el Desarrollo de la Industria de Software impulsado por la Secretaría de Economía mexicana. MoProSoft se desarrolló por grupo liderado por la Dra. Hanna Oktaba, quien fue fundadora y vicepresidenta de la hoy desaparecida Asociación Mexicana para la Calidad en Ingeniería de Software (AMCIS).

MoProSoft tiene como objetivo proporcionar a la industria mexicana dedicada al desarrollo y mantenimiento de software, un patrón de referencia que contemple las mejores prácticas basadas en los modelos y estándares reconocidos internacionalmente. Al utilizar el modelo, se pretende que la organización mejore su capacidad para desarrollar productos (software) y ofrecer servicios con un alto grado de calidad, e incrementar la competitividad hasta niveles internacionales.

En la Tabla 4.1, se muestran cada uno los nueve procesos de MoProSoft, agrupándolos por categoría y con sus correspondientes propósitos [21].

En el modelo, para cada uno de los procesos y subprocesos se especifican los roles (por ejemplo, Grupo Directivo, Responsable de Proceso y otros roles involucrados), que son los responsables de ejecución de las prácticas.

Tabla 4.1 Categorías de procesos y procesos de MoProSoft.

CATEGORÍA	PROCESO	PROPÓSITO
ALTA DIRECCIÓN (DIR)	Gestión de Negocio (GN)	<p>Establecer la razón de ser de la organización, sus objetivos y las condiciones para lograrlos, para lo cual es necesario considerar las necesidades de los clientes, así como evaluar los resultados para poder proponer cambios que permitan la mejora continua.</p> <p>Adicionalmente habilita a la organización para responder a un ambiente de cambio y a sus miembros para trabajar en función de los objetivos establecidos.</p>
GERENCIA (GER)	Gestión de Procesos (GPR)	<p>Establecer los procesos de la organización, en función de los Procesos Requeridos identificados en el Plan Estratégico. Así como definir, planificar, e implantar las actividades de mejora en los mismos.</p>

	Gestión de Proyectos (GPY)	Asegurar que los proyectos contribuyan al cumplimiento de los objetivos y estrategias de la organización.
	Gestión de Recursos (GR)	Conseguir y dotar a la organización de los recursos humanos, infraestructura, ambiente de trabajo y proveedores, así como crear y mantener la Base de Conocimiento de la organización. La finalidad es apoyar el cumplimiento de los objetivos del Plan Estratégico de la organización.
	Recursos Humanos y Ambiente de Trabajo (RHAT)	Proporcionar los recursos humanos adecuados para cumplir las responsabilidades asignadas a los roles dentro de la organización, así como la evaluación del ambiente de trabajo.
	Bienes, Servicios e Infraestructura (BSI)	Proporcionar proveedores de bienes, servicios e infraestructura que satisfagan los requisitos de adquisición de los procesos y proyectos.
	Conocimiento de la Organización (CO)	Mantener disponible y administrar la Base de Conocimiento que contiene la información y los productos generados por la organización.
OPERACIÓN (OPE)	Administración de Proyectos Específicos (APE)	Establecer y llevar a cabo sistemáticamente las actividades que permitan cumplir con los objetivos de un proyecto en tiempo y costo esperados.
	Desarrollo y Mantenimiento de Software (DMS)	Realización sistemática de las actividades de obtención de requisitos, análisis, diseño, construcción, integración y pruebas de productos de software nuevos o modificados cumpliendo con los requisitos especificados.

4.2 Descripción general de la NMX-I-059-NYCE-2005

La norma NMX-I-059-NYCE-2005, fue liberada en octubre de 2005, por NYCE (Normalización y Certificación Electrónica, A.C.), y lleva por nombre “TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN - MODELOS DE PROCESOS Y EVALUACIÓN PARA DESARROLLO Y MANTENIMIENTO DE SOFTWARE”.

Esta norma toma como modelo de procesos de Referencia al modelo MoProSoft, y consta de cuatro partes (dos normativas y dos informativas):

- **Parte 01:** Definición de conceptos y productos.
Introduce las definiciones de los conceptos y las descripciones de los productos de trabajo usados en las otras partes de la norma. Esta parte es normativa.

- **Parte 02:** Requisitos de procesos (MoProSoft).
Establece los requisitos de los procesos dentro de la organización, y los productos y prácticas necesarios para asignar los niveles de capacidad a cada proceso, así como el nivel de madurez de capacidades de la organización. Esta parte es normativa.
- **Parte 03:** Guía de Implantación de procesos.
Presenta un ejemplo práctico de documentación/implantación de los procesos definidos en MoProSoft. Esta parte es informativa.
- **Parte 04:** Directrices para la evaluación de procesos (EvalProSoft).
Establece las reglas de tipo administrativo para la evaluación de procesos de desarrollo y mantenimiento de software.

Como convención para este capítulo, cuando se incluya información tomada directamente de cualquiera de las cuatro partes de la NMX-I-059-NYCE, se utilizará fondo gris, indicando con esto una transcripción íntegra de los contenidos.

4.2.1 Definición de conceptos y productos

La **Parte 01** de la norma detalla a nivel general, el propósito de las cuatro partes que la conforman. En particular, el propósito de ésta es introducir las definiciones de los conceptos usados (Inciso 0.1) [17]. También presenta un resumen del modelo MoProSoft. El resumen abarca las categorías de procesos y los procesos contemplados, los tipos de productos generados, y una clasificación general de roles participantes en los procesos (Inciso 0.2).

Define las partes de la NMX-I-059-NYCE, que deben considerarse como normativas y cuales como informativas (Inciso 0.3).

Contiene las definiciones utilizadas en el ámbito de las cuatro partes de la norma. Las definiciones están ordenadas alfabéticamente.

Además, se enlistan los productos de trabajo que se manejan en cada proceso, clasificándolos en entradas, salidas y productos internos (Inciso 4). Para cada entrada, se define la fuente y para cada salida, el destino. La fuente y el destino pueden ser otros procesos, o en casos excepcionales, entidades externas a la organización.

4.2.2 Requisitos de procesos

El propósito de la **Parte 02** de la norma es presentar los requisitos de los procesos. Estos requisitos se establecieron tomando como base el modelo de procesos de referencia MoProSoft (Inciso 0.1) y la norma mexicana NMX-I-006-NYCE.

4.2.2.1 Usos del modelo

Acerca del uso de MoProSoft a través de la norma, se manifiestan dos posibles escenarios (Inciso 0.4):

- a) que la organización no cuente con procesos establecidos, y por lo tanto, la norma sea una referencia para definirlos en su totalidad.
- b) que la organización ya tenga procesos definidos, en cuyo caso, la norma puede usarse para identificar los requisitos que aún no estén cubiertos.

4.2.2.2 Procesos y elementos normativos

Los nueve procesos de MoProSoft aparecen a partir del inciso 3, en el orden que se muestra en la Tabla 4.2.

Tabla 4.2. Procesos de MoProSoft dentro de la NMX-I-059/02-NYCE.

CATEGORÍA	PROCESO
ALTA DIRECCIÓN (DIR) Inciso 3	Gestión de Negocio Inciso 3.1
GERENCIA (GER) Inciso 4	Gestión de Procesos Inciso 4.1
	Gestión de Proyectos Inciso 4.2
	Gestión de Recursos Inciso 4.3
	Recursos Humanos y Ambiente de Trabajo Inciso 4.4
	Bienes, Servicios e Infraestructura Inciso 4.5
	Conocimiento de la Organización Inciso 4.6
OPERACIÓN (OPE) Inciso 5	Administración de Proyectos Específicos Inciso 5.1
	Desarrollo y Mantenimiento de Software Inciso 5.2

Para cada uno de los nueve procesos mencionados anteriormente, se definen los siguientes elementos normativos [18]:

1. *Proceso*
2. *Categoría*
3. *Propósito*
4. *Objetivos*
5. *Actividades*

Notas: Dentro del elemento normativo Actividades, para cada actividad del proceso, se presentan también los productos de trabajo que se requieren como *entradas*, las *prácticas base* requeridas, y los productos de trabajo resultantes (*salidas*).

Ejemplo:

4.6 Conocimiento de la Organización

4.6.1 Proceso

GER.3.3 Conocimiento de la Organización.

4.6.2 Categoría

Gerencia (GER).

4.6.3 Propósito

El propósito de Conocimiento de la Organización es mantener disponible y administrar la Base de Conocimiento que contiene la información y los productos generados por la organización.

4.6.4 Objetivos

O1 Proporcionar a la organización la Base de Conocimiento de forma confiable, oportuna y segura mediante el cumplimiento del Plan de Administración de la Base de Conocimiento.

4.6.5 Actividades

A1. (O1) Planificación

Entradas: *Plan Operativo de Conocimiento de la Organización, Acciones Correctivas.*

Actividad: Se realizan las siguientes tareas:

a) elaboración del Plan de Administración de la Base de Conocimiento;

i) identificación, documentación o actualización de las actividades para la definición o modificación del modelo conceptual de la Base de Conocimiento de acuerdo al Plan Operativo de Conocimiento de la Organización y Acciones Correctivas;

ii) identificación de los mecanismos de alimentación, consulta, mantenimiento y respaldo para cada tipo de repositorio, en función de los requisitos de los usuarios;

b) validación del Plan de Administración de la Base de Conocimiento y la generación del Reporte de Validación.

Salidas: *Plan de Administración de la Base de Conocimiento, Reporte de Validación.*

A2. (O1) Realización

Entradas: *Plan de Administración de la Base de Conocimiento.*

Actividad: Se realizan las siguientes tareas:

a) generación o actualización del Diseño de la Base de Conocimiento de la organización de acuerdo al Plan de Administración de la Base de Conocimiento;

b) validación del Diseño de la Base de Conocimiento de la organización y la generación del Reporte de Validación;

c) implantación o mantenimiento de la Base de Conocimiento para que se incorporen y se consulten los productos aprobados provenientes de todos los procesos y proyectos.

Salidas: *Diseño de la Base de Conocimiento, Reporte de Validación, Base de Conocimiento.*

A3. (O1) Evaluación y control

Entradas: *Base de Conocimiento, Plan Operativo de Conocimiento de la Organización, Plan de Procesos.*

Actividad: Se realizan las siguientes tareas:

a) revisión del apego a los mecanismos de alimentación, consulta, mantenimiento y respaldo definidos para el uso de la Base de Conocimiento;

b) generación del Reporte del Estado de la Base de Conocimiento de acuerdo al Plan Operativo de Conocimiento de la Organización;

c) generación del Reporte de Mediciones y Sugerencias de Mejora de este proceso con base en el Plan de Mediciones de Procesos del Plan de Procesos;

d) identificación y documentación de las Lecciones Aprendidas de este proceso.

Salidas: Reporte del Estado de la Base de Conocimiento, Reporte de Mediciones y Sugerencias de Mejora, Lecciones Aprendidas.

4.2.2.3 Apéndice A: Productos y prácticas requeridos por nivel de capacidad

Este apéndice es normativo. Establece los requisitos (productos de trabajo y prácticas base) y los Atributos de proceso, para determinar el nivel de capacidad de los procesos que contempla la norma, y en consecuencia, el nivel de madurez de capacidades de la organización (Inciso A.1).

Los requisitos (indicadores de desempeño) plasmados en este apéndice normativo, fueron establecidos en función del Modelo de procesos de Referencia MoProSoft. También se tomaron en cuenta los Atributos de Proceso (y sus correspondientes logros/resultados) establecidos en la Parte 02 de la NMX-I-006-NYCE. De esta manera, el *modelo de evaluación* que se presenta en este apéndice, cumple con la integración de las dos dimensiones requeridas por la NMX-I-006-NYCE: La *dimensión del proceso* y la *dimensión de la capacidad* (véase sección 3.2.3).

La forma en que se presentan los requisitos de los procesos es la siguiente:

- 1) Se presentan los cinco diferentes niveles de capacidad en capítulos, comenzando por el *Nivel 1: Proceso Realizado*.
- 2) Para cada Nivel de capacidad/capítulo, se muestran los Atributos de proceso correspondientes a ese nivel, dentro de un recuadro que indica la referencia directa a la norma NMX-I-006-NYCE. Cada Atributo de proceso del nivel correspondiente, se acompaña por sus logros/resultados asociados.
- 3) Además, en cada Nivel de capacidad/capítulo se listan todos los procesos del Modelo de procesos de referencia MoProSoft. Para cada uno de los nueve procesos, se establecen los indicadores de desempeño (productos de trabajo y prácticas base esperados) de acuerdo con el modelo de procesos de referencia MoProSoft.
- 4) Cada producto de trabajo incluye el contenido que debe cumplir (requisitos mínimos).
- 5) Al final de los capítulos correspondientes a los niveles de capacidad, en el inciso **A.35** se indica cómo obtener el Nivel de Madurez de Capacidades de la organización, en base al máximo nivel de capacidad alcanzado por todos los procesos (los nueve del modelo).

Ejemplo: Se muestran los requisitos para el proceso Gestión de Negocio (GN), dentro del Nivel de capacidad 1 (el primer proceso contemplado en el primer nivel de capacidad).

Proceso Realizado

<p>Nivel 1: Proceso Realizado</p> <p>El proceso implementado logra su propósito</p> <p>A.P. 1.1 Atributo de la Realización del Proceso.</p> <p>a) El proceso alcanza los resultados definidos.</p> <p style="text-align: right;">NMX-I-006/02-NYCE.</p>

A.4 Proceso: Gestión de Negocio

A.4.1 Productos de trabajo esperados

GN.A1.PT1	Plan Estratégico
------------------	-------------------------

1. Misión: Razón de ser de la organización.
2. Visión: Posición deseada de la organización en el mercado.
3. Valores: Cualidades y virtudes que se comparten entre los miembros de la organización y se desean mantener.
4. Objetivos: Resultados a buscar para cumplir con la Misión y Visión.
5. Estrategias: Forma de lograr los objetivos.
6. Procesos Requeridos: Identificación de los procesos con su propósito, objetivos, e indicadores para llevar a cabo las estrategias.
7. Cartera de Proyectos: Conjunto de proyectos externos e internos u oportunidades de proyectos.
8. Estructura de la Organización: Definición de áreas y responsabilidades de la organización requerida para llevar a cabo las estrategias.
9. Estrategia de Recursos: Definición, planificación y asignación de recursos en la organización para el cumplimiento de las estrategias, considerando los elementos de la Base de Conocimiento necesarios para el almacenamiento y consulta de la información generada en la organización.
10. Presupuesto: Gastos e ingresos esperados para un periodo determinado.
11. Periodicidad de Valoración: Definición de los periodos para realizar las revisiones de valoración y mejora.
12. Plan de Comunicación con el Cliente: Definición de los mecanismos para establecer los canales de comunicación con los clientes.

GN.A1.PT2	Plan de Adquisiciones y Capacitación
	Solicitudes con los requisitos de adquisición de recursos.

1. Personal Capacitado.
2. Proveedores.
3. Infraestructura.
4. Requisitos de capacitación.

A.4.2 Prácticas base esperadas

GN.A1	Planificación Estratégica
--------------	----------------------------------

4.2.3 Guía de implantación

En la **Parte 03** de la norma se documenta una guía para la implantación de los procesos de MoProSoft. Su propósito es presentar los elementos de documentación y describir detalladamente los mecanismos (actividades) que apoyan la implantación de un proceso (Inciso 0.1).

Para documentar los procesos, se propone un patrón de procesos que describe los elementos a considerar, proponiendo un orden para esos elementos e incluyendo una descripción del contenido y estructura esperados en cada elemento de documentación (inciso 0.4) [19].

Posteriormente, se incluye un ejemplo genérico de documentación de cada uno de los nueve procesos de MoProSoft.

Se hace énfasis en que es un ejemplo genérico de documentación de procesos, dado que para que un proceso esté correctamente documentado, cada elemento debe contener información real, de un proceso específico en una empresa/organización real dedicada al desarrollo y mantenimiento de software.

4.2.4 Directrices para la evaluación de procesos

El propósito de la **Parte 04** de la norma es presentar las Directrices para la Evaluación, esto es, EvalProSoft. Se exponen las pautas administrativas para conducir un proceso de evaluación de los requisitos de la NMX-I-059-NYCE (Inciso 0.1).

Dentro del Resumen general (Inciso 0.2) de esta parte de la norma, se indica que EvalProSoft permite otorgar a una empresa/organización dedicada al mantenimiento y desarrollo de software, el Nivel de capacidad de los procesos implantados (perfil) y el Nivel de madurez de capacidades. Se describe también un conjunto de partes involucradas y sus roles en el proceso de evaluación, además de algunos productos relevantes del mismo. La Figura 4.1 establece la relación entre estos elementos.

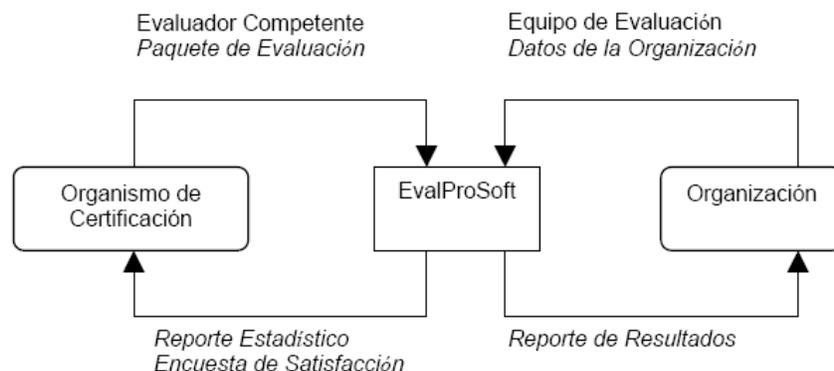


Figura 4.1 Relaciones entre los elementos de la parte 04 de la norma.

También se indican las actividades a realizar como parte de un proceso de evaluación que siga las directrices de EvalProSoft (Inciso 3.2). Son siete actividades principales. Cada actividad principal se descompone a su vez un conjunto de actividades de menor alcance pero cuya realización en conjunto logra completar la actividad principal. En esta sección de la norma, se describe detalladamente la intervención de los roles y el uso o generación de los productos de entrada y salida [20].

La secuencia de actividades es la siguiente:

- Durante la actividad de **Preparación a la evaluación**, el *Organismo Certificador* asigna a un *Evaluador Competente*. El *Evaluador Competente* y el *Promotor* establecen, y firman un *Acuerdo de Evaluación* que tiene como base los *Datos de la Organización*. El *Organismo Certificador* entrega el *Paquete de Evaluación* al *Evaluador Competente*.
- En la **Actividad de Planificación**, el *Evaluador Competente* y el *Representante de la Organización* confirman el compromiso para realizar la evaluación. Se identifican los proyectos a evaluar y los *Participantes en la evaluación* y se elabora el *Plan de Evaluación*.
- En la **Ejecución**, el *Evaluador Competente* capacita al *Equipo de Evaluación* y dirige la reunión de inicio. Se evalúan los procesos y los proyectos de la organización. Por último, se consolidan y corroboran los *Cuestionarios de la evaluación*.
- En el transcurso de la actividad de **Generación de resultados**, el *Equipo Evaluador* obtiene los perfiles de calificaciones de los Atributos de Proceso, el Perfil de nivel de capacidad de los procesos, y el Nivel de madurez de capacidades de la organización. Se genera el *Reporte de Resultados*.
- En la actividad de **Entrega de resultados**, el *Evaluador Competente* expone los resultados y entrega el *Reporte de Resultados* a la *Organización*.
- Durante la actividad de **Cierre de la evaluación**, el *Evaluador Competente* elabora un *Reporte Estadístico* de la evaluación y lo hace llegar al *Organismo de Certificación*. Entrega las *Encuestas de Satisfacción* a los *Participantes de la evaluación*, las recolecta y las hace llegar al *Organismo de Certificación*. Entrega a la organización la información y productos generados durante la evaluación.
- Finalmente, en la actividad de **Notificación de los resultados de la evaluación**, el *Organismo de Certificación* revisa y verifica el *Reporte Estadístico* y las *Encuestas de Evaluación*. Entrega el certificado a la *Organización* y publica los resultados electrónicamente.

5 ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA APLICACIÓN

5.1 Requerimientos

En este capítulo se realiza el análisis y diseño de la arquitectura de la herramienta de evaluación. Se pretende describir la funcionalidad, en base a las características requeridas mencionadas anteriormente en esta tesis (véanse secciones 1.4 y 1.5) y tomando en cuenta a los usuarios que utilizarán la herramienta durante una evaluación.

En primer lugar, se determinan los requerimientos del sistema. Posteriormente, se realiza el modelado y diseño del sistema utilizando como herramienta UML (*Unified Modeling Language*, Lenguaje Unificado de Modelado) versión 2.0 [26].

5.1.1 Usuarios del sistema

Se propone que la herramienta sea utilizada principalmente por tres clases de usuarios:

- a) **Verificadores.** Evaluadores de procesos certificados, que están autorizados oficialmente para realizar evaluaciones de la implantación de los requisitos de la norma NMX-I-059-NYCE en una organización. El sistema debe apoyarlos durante el proceso de evaluación. En México, la entidad oficial que designa a los verificadores de la norma es NYCE (Normalización y Certificación Electrónica), a través de la Unidad de Verificación de Tecnologías de Información (UVTI).
- b) **Supervisor.** Personal que está autorizado oficialmente para realizar actividades de seguimiento a las evaluaciones de procesos. Tales actividades son de tipo administrativo e incluyen la recopilación de datos antes de realizar la evaluación, seguimiento y revisión de la evidencia generada durante una evaluación (incluyendo las calificaciones de los procesos evaluados), y la corrección de datos posteriormente a la realización de la evaluación. Al desarrollar el sistema deben considerarse las actividades de estos usuarios, las cuales requieren de un subconjunto de la funcionalidad que el sistema presenta para un verificador. Estos usuarios también son designados por NYCE a través de la Unidad de Verificación de Tecnologías de Información.
- c) **Coordinadores.** Personal de una organización que coordina, dirige y es responsable de la implantación y funcionamiento de la norma en su lugar de trabajo, con la intención de solicitar una verificación oficial. Eventualmente un coordinador puede actuar como evaluador informal, por lo que será considerado por el sistema como un verificador y no es necesario añadir, suprimir o modificar la funcionalidad del mismo.

Es necesario, que los usuarios cuenten con un conocimiento amplio de la norma NMX-I-059-NYCE, de manera que el sistema represente un elemento de apoyo para realizar el proceso de evaluación (verificación oficial, o evaluación informal) de forma

exacta y eficiente, automatizando tareas de procesamiento de información y disminuyendo el tiempo de generación de resultados.

5.1.2 Requisitos del sistema

En esta sección se detallan los servicios que debe proveer la herramienta para la evaluación de los procesos en una organización desarrolladora de software. Para determinar la funcionalidad que el sistema debe ofrecer, se tiene como base el estudio de las normas NMX-I-006-NYCE y NMX-I-059-NYCE, que se ha realizado durante el desarrollo de esta tesis. También se toman en cuenta las opiniones expresadas por expertos (evaluadores certificados), las cuales fueron obtenidas al realizar evaluaciones en campo. La Tabla 5.1 muestra los requerimientos que se deben satisfacer con la herramienta.

Tabla 5.1 *Requerimientos del sistema.*

Nº	REQUERIMIENTO
1	Visualizar para el nivel de capacidad y proceso que se esté evaluando, las <i>Prácticas base</i> y los <i>Productos de trabajo</i> requeridos (indicadores de desempeño).
2	Visualizar para el proceso que se esté evaluando, las <i>Prácticas</i> , los <i>Recursos</i> , y los <i>Productos de trabajo genéricos</i> (indicadores de capacidad) asociados a cada <i>Atributo de proceso</i> dependiendo del nivel de capacidad que se esté evaluando.
3	Registrar la calificación de los indicadores (de desempeño y de capacidad) requeridos y los hallazgos detectados al evaluar el cumplimiento de un determinado Atributo de proceso.
4	Generar automáticamente un listado de hallazgos de la evaluación.
5	Generar automáticamente un dictamen que indique el perfil de capacidad de los procesos de la organización.
6	Generar automáticamente un dictamen que indique el nivel de madurez de capacidades de la organización.

Algunos comentarios sobre los requerimientos del sistema:

Requerimiento 1. La fuente de esta información, es el modelo de procesos expresado en la Parte 02 de la NMX-I-059-NYCE, como se describe en la sección 4.2.2 de esta tesis. Esta información es relevante para el evaluador.

Requerimiento 2. La fuente de esta información es el marco de medición de la capacidad expresado en la Parte 02 de la NMX-I-006-NYCE y el conjunto de indicadores de capacidad incluidos en la parte 05 de la NMX-I-006-NYCE (como

se describe en las secciones 3.2.2 y 3.3.1 de esta tesis). Esta información es relevante para el evaluador.

Requerimiento 3. Es necesario que la información generada durante la evaluación (calificaciones y hallazgos documentados) quede registrada para la generación de reportes y para consultas posteriores. Este aspecto también es relevante para las actividades del supervisor.

Requerimiento 4. El listado de hallazgos es necesario para la consolidación y corroboración de la información generada durante la evaluación (véase la actividad de Ejecución, en la sección 4.2.4). Este aspecto es relevante para el evaluador.

Requerimiento 5. Se obtiene siguiendo lo establecido por el Marco de medición de la capacidad (véase sección 3.2.2).

Requerimiento 6. Se obtiene siguiendo lo establecido en la parte 2 de la NMX-I-059-NYCE (véase sección 4.2.2.3).

Un aspecto adicional para tomar en cuenta, es el hecho de que las evaluaciones de procesos pueden realizarse en distintos puntos geográficos del país. En la experiencia de los evaluadores oficiales se han presentado casos en los que al viajar a realizar evaluaciones, en las instalaciones designadas para este fin por parte de la organización no se tiene acceso a la Web. Esta situación no debe impedir la realización de la evaluación. Por esta razón, es preferible desarrollar una herramienta como aplicación de escritorio y no como aplicación Web.

5.1.3 Sobre el proceso de evaluación

Es importante conocer de manera general algunos aspectos relacionados con las actividades que se realizan previamente y durante una evaluación de procesos de desarrollo de software.

En México, para realizar una evaluación oficial de los procesos de una organización (también conocida como *verificación de procesos*), una organización realiza una solicitud ante una Unidad de Verificación, en este caso la UVTI de NYCE.

En este momento comienza un proceso administrativo que incluye la designación del equipo evaluador, cotización de los servicios de verificación, definición del alcance, programación, firma del contrato de servicios y facturación. Este proceso puede durar desde algunos días hasta varias semanas, lo cual depende de las necesidades de la organización y de la carga de trabajo existente en la unidad de verificación.

Una vez que se ajustan los detalles de la programación, se procede a realizar la verificación de los procesos de software en la organización solicitante y a generar el

informe de la verificación. La herramienta que se describe en este capítulo, tiene utilidad principalmente al realizar estas actividades.

En base al informe generado por los verificadores al terminar la evaluación, la Unidad de verificación expide un Dictamen de Conformidad que legalmente avala los resultados obtenidos por la organización después de la verificación (véase Figura 5.1).

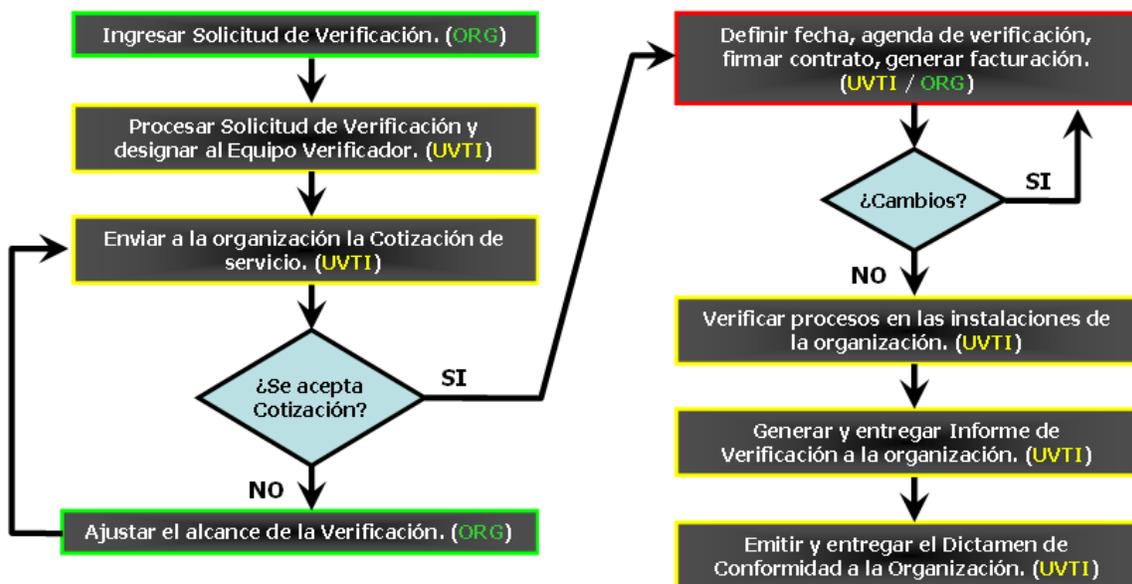


Figura 5.1 Protocolo para realizar una verificación.

La actividad de evaluación de los procesos (verificación), se realiza durante dos o más días en las instalaciones que disponga la organización solicitante. El tiempo empleado dependerá del alcance de la evaluación, esto es, el conjunto de procesos y el nivel de capacidad máximo, seleccionados para la evaluación. También se toma en cuenta el tamaño de la organización. Generalmente se emplean dos días y dos evaluadores para evaluar la totalidad de procesos (nueve) de la norma en el Nivel 1. Para niveles superiores se incrementa el número de días y de evaluadores. Para cada evaluación la Unidad de Verificación designa a uno de los evaluadores como Evaluador Líder.

Tomando como ejemplo una verificación de los nueve procesos de la norma en el nivel de capacidad 1, se realiza una programación de actividades para cada uno de los dos días que dura la evaluación. El Evaluador Líder dirige y tiene voto de calidad en cada una de las actividades de la verificación en la organización evaluada.

En el primer día se realiza una reunión de apertura, en la que el equipo evaluador expone a los miembros de la organización participantes, el alcance, la metodología y los lineamientos bajo los cuales se realizará la evaluación, incluyendo un acuerdo de confidencialidad (véase Figura 5.2).

Posteriormente se comienza la recopilación de información para poder calificar los indicadores de la evaluación, asociados a cada proceso de la organización. Esta actividad se realiza entrevistando a los miembros de la organización participantes.

Día 1									
HORA	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18
ACTIVIDAD	Reunión de apertura	GN		GPR		COMIDA	GPY		Reunión de evaluadores (Consolidación)
		GR		RHAT			BSI		

Figura 5.2 Primer día de la verificación.

Los indicadores de la evaluación se llevan precargados en un archivo de hoja de cálculo. Para evaluar un proceso determinado, se realiza un filtrado de los indicadores de ese proceso, de manera que el evaluador pueda visualizar la información de un indicador en una fila de la hoja de cálculo (observando a la vez todos los indicadores filtrados para un proceso en filas consecutivas). Así, el evaluador puede registrar la calificación y los hallazgos detectados para cada uno de los indicadores en celdas pertenecientes a la fila del indicador que corresponda. De esta forma se filtran y se califican los indicadores de la evaluación para cada uno de los procesos que estén dentro del alcance de la evaluación.

Se hace una pausa para la comida, antes de continuar con la recopilación de información y calificación de indicadores. Al finalizar, se reúne el equipo evaluador para consolidar la información recopilada hasta ese momento, buscando la consistencia en la misma de manera que se asegure la objetividad de la verificación.

Durante el segundo día de la verificación se concluye la recopilación de la información y la calificación de los indicadores de los procesos restantes. Se realiza una reunión con los miembros de la organización participantes para corroborar la información recopilada. El propósito de la corroboración es evitar el perjuicio o el beneficio inadecuado al calificar los requisitos (indicadores) de los procesos por falta de objetividad (véase Figura 5.3).

En esta reunión de corroboración se notifican los hallazgos detectados durante la recopilación de información. Para este fin, se usa nuevamente la hoja de cálculo que contiene la información y calificaciones de los indicadores de la evaluación. De ella se

extraen los indicadores para los que se registraron hallazgos. Esta información se agrega manualmente (copiar-pegar) a una plantilla del Listado de Hallazgos a la que también se agregan algunos datos de la organización evaluada. Esta información es la que se expone a los miembros de la organización.

Día 2									
HORA	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18
ACTIVIDAD	A P E		D M S		Revisar hallazgos (Corroboración)	COMIDA	Obtener resultados	Preparar Reporte Final	Reunión de cierre (Entrega de Reporte)
	CO								

Figura 5.3 Segundo día de la verificación.

Después de una pausa para la comida, se comienza la actividad de obtención de los perfiles de los procesos evaluados y la determinación del nivel de madurez de capacidades de la organización. Lo anterior se realiza con base en las calificaciones de los indicadores registradas en la hoja de cálculo descrita anteriormente.

Usando fórmulas, los evaluadores obtienen directamente el promedio de las calificaciones de los indicadores de evaluación asociados a un proceso. Esto permite que el evaluador ubique el cumplimiento de los atributos de proceso en alguno de los cuatro puntos de la escala ordinal descrita en la sección 3.2.2 de esta Tesis.

Con esta información (perfil de los procesos), el evaluador puede determinar (manualmente) el nivel de capacidad de cada proceso evaluado y por lo tanto, el nivel de madurez de capacidades de la organización.

En seguida se prepara el reporte final de la verificación, utilizando una plantilla (procesador de palabras) a la que el evaluador integra manualmente algunos datos de la evaluación, de la organización y del equipo evaluador, e incluye los perfiles de procesos y el nivel de madurez de capacidades de la organización (copiar-pegar). También se anexan en este reporte los hallazgos detectados durante la evaluación (copiar-pegar).

Para terminar, el reporte final se lee a los miembros de la organización y se entrega una copia al representante de la misma.

Posteriormente, cada miembro del equipo evaluador tiene la responsabilidad de entregar la información de la evaluación en que participó, a la Unidad de Verificación. El

Evaluador Líder también tiene la responsabilidad de entregar el Reporte Final a la Unidad de Verificación.

En la Unidad de Verificación, un supervisor designado da seguimiento a la información entregada por el equipo evaluador, la clasifica y archiva. Esta información se constituye en la evidencia de que el proceso de verificación fue realizado de manera ética y objetiva.

5.1.4 Una característica relevante de MoProSoft

La parte 02 de la norma mexicana NMX-I-006-NYCE, establece los requisitos que debe cumplir el modelo de procesos de referencia, cuyos elementos fundamentales son las descripciones de los procesos que lo integran.

Al describir un proceso, tanto el propósito como los resultados del mismo deben de estar contenidos dentro de los aspectos definidos por el marco de medición para el nivel de capacidad 1 (véase sección 3.2.3).

De esta manera, para evaluar un proceso en el nivel de capacidad 1 (Realización del proceso), el cumplimiento del propósito y la consecución de sus resultados (productos de trabajo y prácticas base, es decir, los indicadores de desempeño) son los factores que se deben considerar. Para evaluar niveles de capacidad superiores (2 a 5), lo fundamental es el cumplimiento de los atributos de proceso, expresado a través del cumplimiento de los indicadores de capacidad (productos de trabajo, prácticas y recursos genéricos).

Sin embargo, como se describió en la sección 4.2.2.3, MoProSoft (y en consecuencia la norma NMX-I-059-NYCE), establecen productos de trabajo y prácticas base como requisitos para todos los niveles (1 a 5), adicionalmente a los indicadores de capacidad.

Por tanto, el modelo de evaluación que debe aplicarse a la NMX-I-059-NYCE debe considerar ambos elementos, la capacidad y el desempeño al evaluar los niveles superiores al Nivel 1.

5.1.5 Consideraciones adicionales

Después de esta revisión general de las actividades que se realizan durante una verificación, se pueden señalar algunos aspectos relacionados con la confidencialidad de la información y la objetividad, que son importantes:

1. Cada miembro del equipo evaluador, genera información de la evaluación y la entrega a la Unidad de Verificación. Dada la confidencialidad de la información generada, en lo sucesivo dicha información no debería ser conocida por terceros o por evaluadores distintos a quienes la generaron.

2. Los supervisores designados por la Unidad de Verificación, se encargan de supervisar que la evaluación se haya desarrollado de manera objetiva y que la información reportada por el equipo evaluador sea consistente. Requieren ver dicha información para realizar sus actividades.
3. En ocasiones se requerirá la reposición o sustitución de un Reporte Final, o de un Dictamen de Conformidad ya sea por extravío o por corrección de datos de entrada (razón social, dirección, datos del representante/contacto, propósito de la evaluación, fechas, método, contexto, riesgos y restricciones, confidencialidad, datos de los evaluadores y de los participantes). Sin embargo, esto no implica la corrección de las calificaciones y resultados de la evaluación reportados por el equipo evaluador.

5.2 Modelado y diseño de la arquitectura

En este capítulo se presentan la descripción general de la Arquitectura del sistema, los diagramas de Casos de Uso general, de Secuencia, de Estados de Actividades y de Clases.

5.2.1 Descripción general

Es deseable que la herramienta de evaluación tenga como característica la portabilidad. De esta manera se incrementan las facilidades para su distribución y uso posterior en distintas plataformas. Se busca también que en la implementación de la herramienta se utilicen herramientas “Open source” (software libre o de código abierto).

Se elige desarrollar la herramienta como una aplicación de escritorio, utilizando el lenguaje de programación Java y su marco de desarrollo (Java Framework). Utilizar Java permite la portabilidad de las aplicaciones entre distintas plataformas y sistemas operativos. También provee múltiples bibliotecas e Interfaces de Programación de Aplicaciones (API) que pueden utilizarse para simplificar el desarrollo. Su utilización es gratuita.

El desarrollo de la interfaz de usuario estará basado en Swing, que es un conjunto bibliotecas para el diseño de interfaces gráficas independientes de la plataforma. Swing forma parte de las clases JFC de Java (*Java Foundation Classes, Clases fundamentales de Java*) y su uso es gratuito.

La manipulación de la información del sistema se almacenará en archivos XML (*Extensible Markup Language, Lenguaje de Marcas Extensible*) para asegurar la portabilidad. El acceso y manipulación de la información en los archivos XML se hará a través de la JAXB (*Java Architecture for XML Binding, Arquitectura de Java para Uniones XML*).

Para conservar la confidencialidad, los archivos XML de las evaluaciones serán cifrados. El cifrado de archivos se hará mediante la Arquitectura Criptográfica de Java (*JCA, Java Cryptography Architecture*).

La generación de los reportes de la herramienta usará archivos PDF (Portable Document Format, Formato de Documento Portátil) generados y manipulados a través de la biblioteca iText. Esta biblioteca también es gratuita (código abierto).

5.2.2 Caso de uso general

La Figura 5.4 muestra el diagrama de Casos de Uso General del sistema. En él intervienen dos actores, el **Evaluador** y el **Supervisor**.

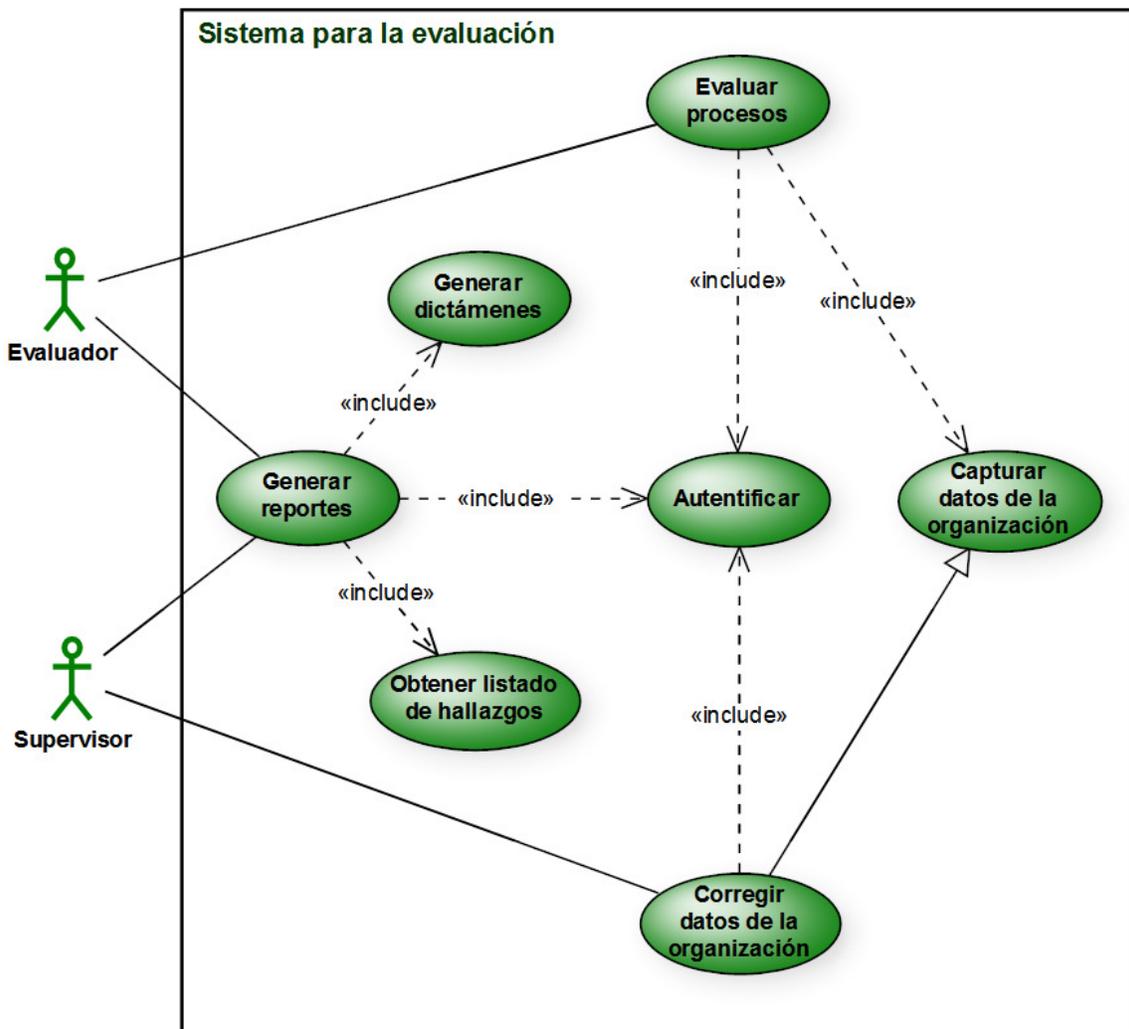


Figura 5.4 Caso de uso general del sistema.

El **Evaluador** es la persona que realiza una evaluación de los procesos de desarrollo de software de una organización. Aunque para modelar la herramienta, este actor se identifica como un evaluador oficial o verificador, en la realidad podría ser un evaluador informal.

1. Cuando el evaluador desea ingresar al sistema, debe autenticarse. Posteriormente comienza la evaluación de los procesos de la organización.
2. Captura los datos de la organización: razón social, área o unidad donde se aplicará la evaluación, dirección, el nombre, cargo, teléfono y correo electrónico del representante, los datos de los participantes en la evaluación (nombre, empresa, teléfono y correo electrónico del evaluador competente, nombre de los participantes, incluyendo el rol que tienen en el modelo MoProSoft, así como su puesto en la organización). También captura otros datos de la evaluación como el propósito, las fechas, el alcance (procesos y niveles a evaluar) y el enfoque (método, contexto, riesgos y restricciones, confidencialidad).
3. Califica los indicadores de la evaluación.
4. Al terminar de evaluar los procesos de la organización, solicita que se genere el Reporte Final de la misma, que contiene los dictámenes del perfil de capacidad de procesos y el nivel de madurez de la organización.
5. Sale del sistema.

El **Supervisor** es la persona designada para dar seguimiento al proceso de evaluación y confirmar que la información generada por el mismo sea consistente.

1. El Supervisor se autentifica para ingresar al sistema.
2. Visualiza la información de una evaluación realizada con anterioridad y de ser necesario, imprime los reportes.
3. En casos especiales corrige los datos de la organización que fue evaluada, para reimprimir los Reportes.
4. Sale del sistema.

5.2.3 Diagramas de secuencia

La Tabla 5.2 lista la secuencia de eventos, y la interacción que el evaluador tiene con el sistema. Posteriormente, se muestra el diagrama de secuencia del Evaluador (véase Figura 5.5).

Un evaluador debe elegir entre comenzar una nueva evaluación (un nuevo archivo) o continuar con una evaluación previa (abrir un archivo de existente), para lo cual el sistema solicitará la ruta y el nombre del archivo de evaluación. Se validará que el archivo de la evaluación haya sido generado por ese mismo evaluador antes de permitirle usarlo.

Una vez que se termina la evaluación y el evaluador solicita la generación del Reporte Final, el sistema solicita la confirmación por parte del evaluador ya que la evaluación será cerrada, lo cual impedirá su modificación posterior. Este aspecto es deseable para garantizar que no se conocerán los resultados de la evaluación, hasta que se haya concluido la calificación los indicadores de la evaluación. Con este comportamiento del sistema se pretende fortalecer la objetividad en el desempeño de los evaluadores.

Los eventos asociados a la interacción que un supervisor tiene con el sistema se incluyen en la Tabla 5.3. La secuencia se muestra gráficamente en la Figura 5.6.

Tabla 5.2 Análisis de eventos de la evaluación.

ACCIÓN DEL ACTOR	RESPUESTA DEL SISTEMA
1.- El usuario desea ingresar al sistema como evaluador.	2.- Solicita Nombre de usuario y contraseña.
3.- Introduce el nombre de usuario y contraseña.	4.- Autentifica al usuario y presenta pantalla principal
5.- Elige tipo de evaluación (nueva o existente).	6.- Recibe selección del usuario.
	7.- Para una evaluación nueva, carga la nueva evaluación, y pasa a 14. En caso contrario, continua con 8.
	8.- Para una evaluación existente, solicita la ubicación y nombre del archivo de evaluación.
9.- Indica la ruta y el nombre del archivo de evaluación que desea abrir.	10.- Carga el archivo de evaluación indicado.
	11.- Si el archivo de evaluación puede ser visto por el usuario autenticado pasa a 14. En caso contrario, continua con 12.
	12.- Notifica al usuario que no tiene permiso para ver el archivo de la evaluación.
	13.- Regresa a 5.
14.- Captura los datos de la organización.	15.- Guarda los datos de la organización.
16.- Evalúa los procesos de la organización.	
17.- Solicita la generación del listado de hallazgos.	18.- Guarda las calificaciones (y hallazgos) obtenidos al evaluar los procesos.
	19.- Genera el listado de hallazgos.
20.- Solicita cierre de evaluación y generación del Reporte Final.	21.- Informa al usuario que se cerrará la evaluación y solicita confirmación.

<p>22.- Elige cerrar la evaluación o continuar evaluando los procesos.</p> <p>27.- Sale del sistema</p>	<p>23.- Recibe la selección del usuario.</p> <p>24.- Si se canceló la solicitud de cierre, regresa a 16. En caso contrario, continua con 25.</p> <p>25.- Procesa los datos de la evaluación y genera los resultados.</p> <p>26.- Genera el Reporte Final de la evaluación.</p>
---	--

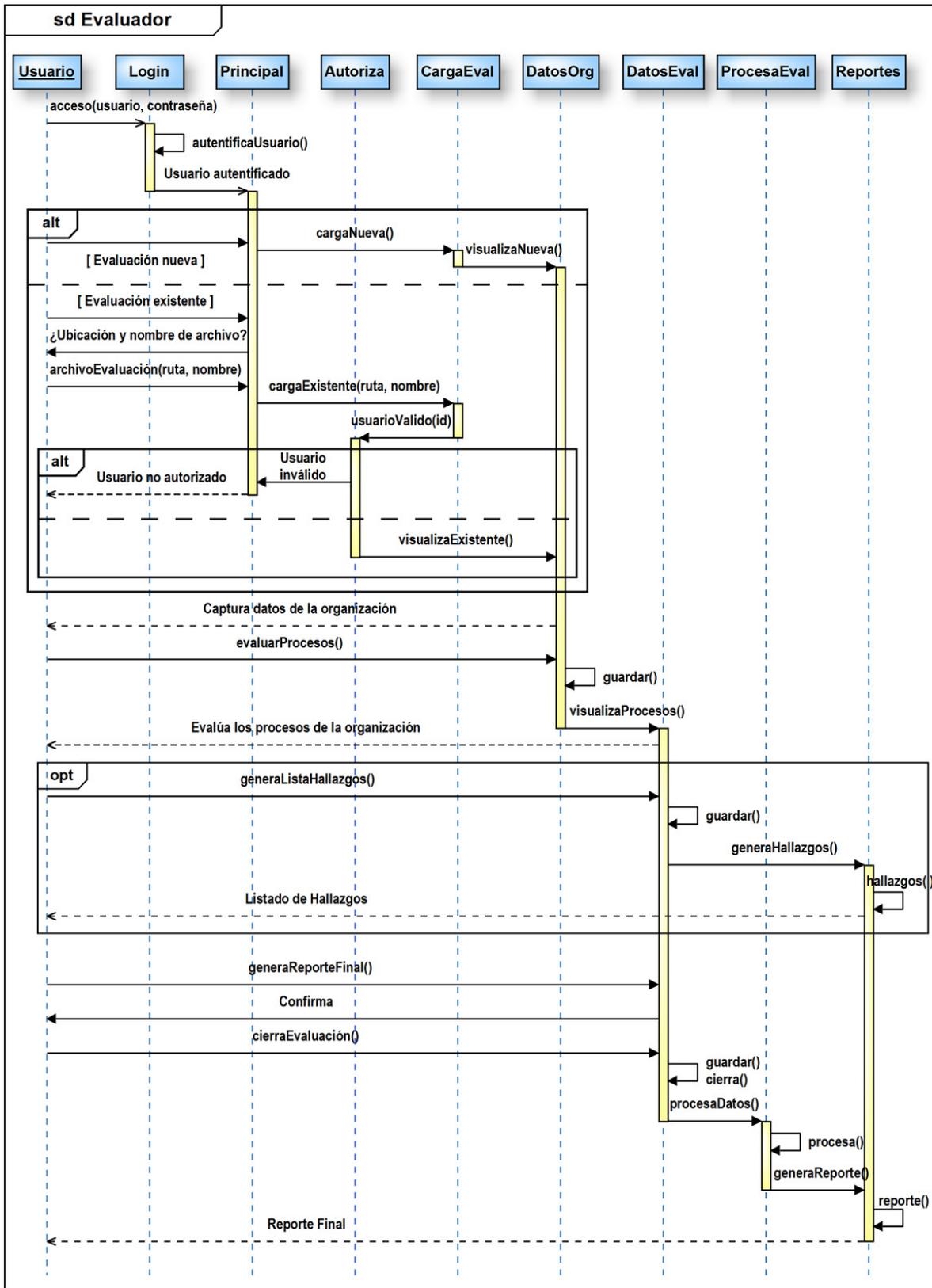


Figura 5.5 Diagrama de secuencia del evaluador.

Tabla 5.3 Análisis de eventos asociados a la supervisión.

ACCIÓN DEL ACTOR	RESPUESTA DEL SISTEMA
1.- El usuario desea ingresar al sistema como supervisor.	2.- Solicita Nombre de usuario y contraseña.
3.- Introduce usuario y contraseña.	4.- Autentifica al usuario y presenta pantalla principal
	5.- Solicita la ubicación y nombre del archivo de evaluación.
6.- Indica la ruta y el nombre del archivo de evaluación que desea abrir.	7.- Carga el archivo de evaluación indicado.
	8.- Notifica al usuario que no tiene permiso para modificar las calificaciones y hallazgos de la evaluación.
9.- Visualiza y de ser necesario, modifica los datos de la organización.	10.- Guarda los cambios.
11.- Solicita la generación del Listado de Hallazgos	12.- Genera el Listado de Hallazgos
13.- Solicita la generación del Reporte Final.	14.- Procesa los datos de la evaluación y genera los resultados.
	15.- Genera el Reporte Final de la evaluación.
16.- Sale del sistema.	

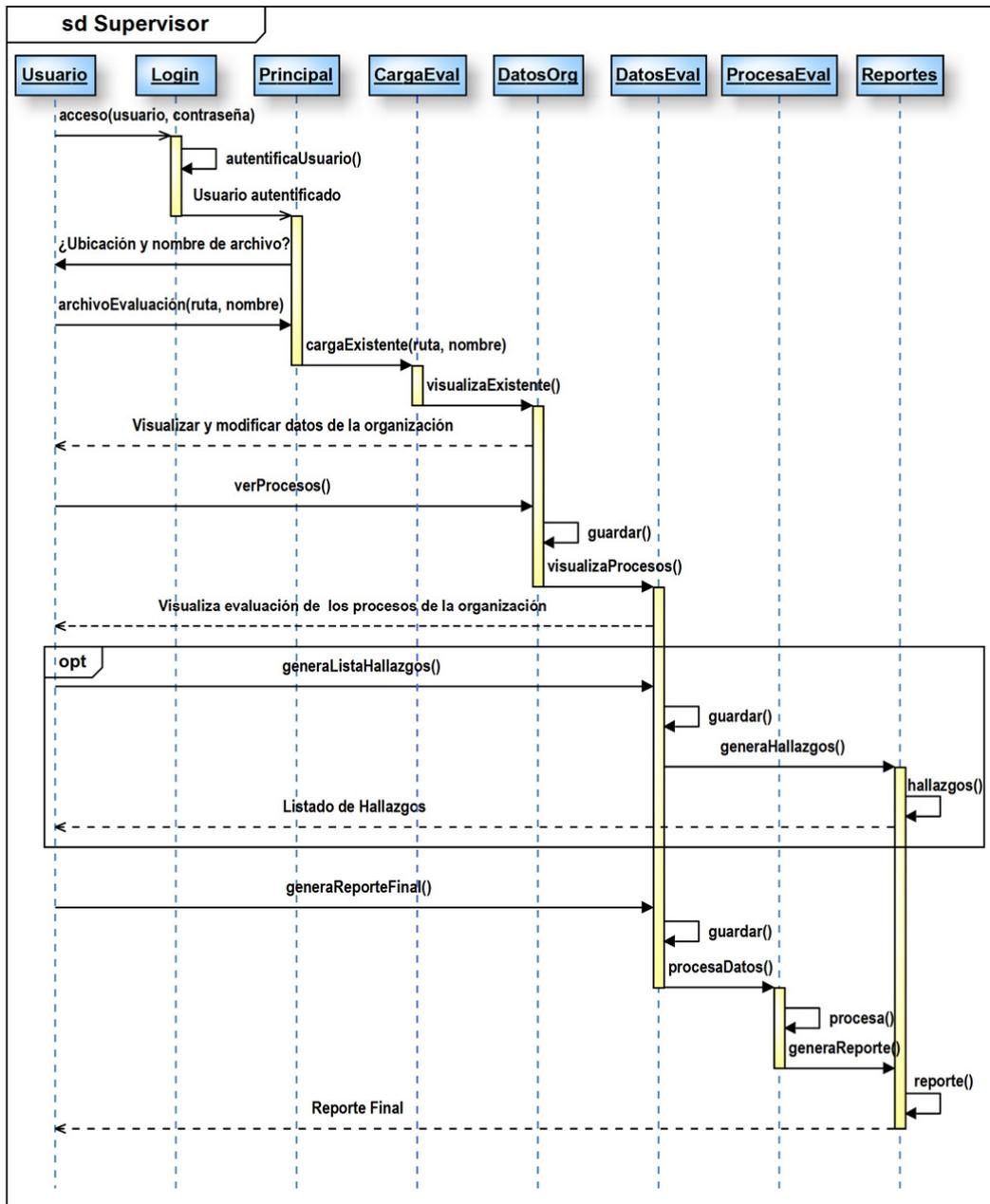


Figura 5.6 Diagrama de secuencia del supervisor.

Cuando el usuario es un supervisor, el sistema siempre solicitará la ruta y nombre del archivo para abrir una evaluación existente. Aunque este rol no realiza evaluaciones, el sistema le permitirá ver la información de las evaluaciones realizadas por cualquier evaluador.

En caso de algún error y a solicitud de la organización evaluada el supervisor puede corregir alguno de los datos de entrada (razón social, dirección, datos del representante/contacto, propósito de la evaluación, fechas, método, contexto, riesgos y

restricciones, confidencialidad, datos de los evaluadores o de los participantes) y generar nuevamente los reportes. El sistema le permitirá realizar modificaciones a esta información, sin embargo, el supervisor no podrá evaluar los procesos, esto es, no podrá modificar las calificaciones de los indicadores de la evaluación, debido a que no es una función de su rol y a que la evaluación está cerrada. Este tipo de modificaciones no son deseables, debido a que implicarían cambios en los resultados de la evaluación y por tanto no serán permitidas por el sistema.

5.2.4 Diagramas de Actividades

El diagrama de actividades del sistema que se muestra en la Figura 5.7 muestra el flujo de control que se sigue cuando se realiza una evaluación. En él se puede ver el curso que toman las siguientes actividades:

- a) El flujo inicia con la autenticación del usuario.
- b) El evaluador selecciona el tipo de evaluación (nueva o existente).
- c) En el caso de que sea una evaluación existente se valida que el usuario haya generado ese archivo. Si no es así notifica y regresa a **b**).
- d) Se carga la evaluación y se visualiza en la pantalla.
- e) El evaluador captura los datos de la organización y califica los indicadores (evalúa los procesos).
- f) Se guarda la información y se genera el Listado de Hallazgos, para la corroboración.
- g) Si hay cambios se regresa a **e**).
- h) Se cierra la evaluación y se procesan los resultados.
- i) Se genera el reporte final.

Es importante comentar que el Listado de Hallazgos se genera para corroborar la información recopilada al evaluar los procesos con los miembros de la organización que fueron entrevistados.

Esto se lleva a cabo en una reunión donde se comentan de manera ágil los hallazgos encontrados en cada proceso, permitiendo la interacción de las personas que fueron entrevistadas al evaluar ese proceso en particular. El propósito es la confirmación o en su caso la supresión de los hallazgos detectados.

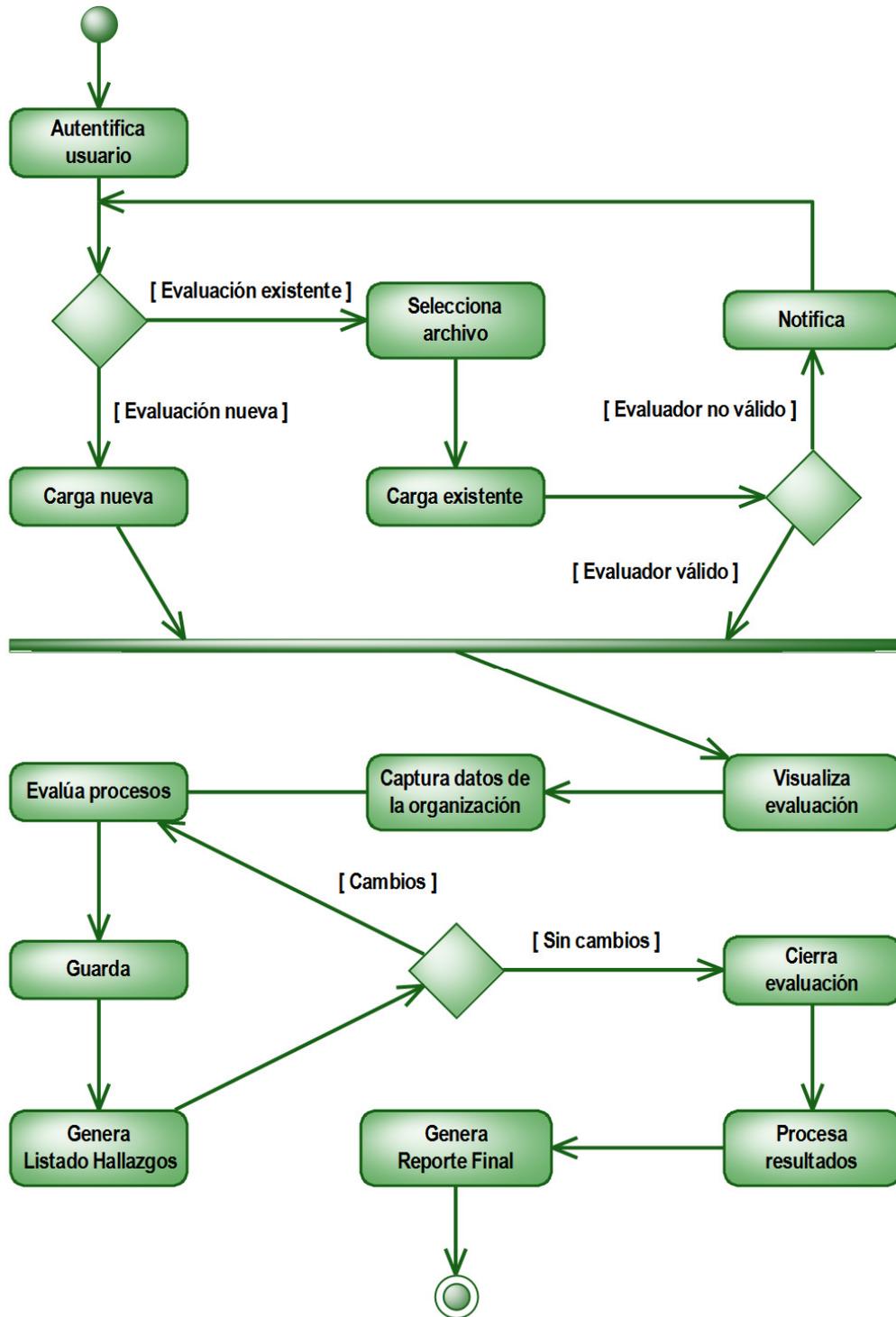


Figura 5.7 Diagrama de actividades de la evaluación.

Al término de la reunión donde se revisan los hallazgos, puede ser necesario modificar la calificación de algunos indicadores. Esta corroboración se realiza una sola vez.

Las actividades para el supervisor representan un subconjunto de las actividades del evaluador:

- a) El usuario autentifica (supervisor).
- b) Selecciona el archivo de la evaluación existente.
- c) Se carga la evaluación.
- d) Se visualizan en la pantalla los datos de la organización.
- e) En caso de requerirse algún cambio, el supervisor modifica/corriga los datos de la organización.
- f) Se visualizan los datos de la evaluación.
- g) El supervisor solicita la generación del Listado de Hallazgos si lo requiere.
- h) Se procesan los resultados de la evaluación.
- i) Se genera el Reporte Final.

El supervisor siempre podrá abrir los archivos de las evaluaciones existentes. La modificación de los datos de la organización, la generación del listado de Hallazgos e incluso la generación del Reporte Final son actividades opcionales, requeridas bajo circunstancias especiales, como reposición, corrección de errores a solicitud de la organización que fue evaluada o por auditorías a la Unidad de Verificación por parte de las instancias correspondientes.

En condiciones normales, el supervisor utilizará la herramienta para visualizar la información que el evaluador ha establecido para confirmar la consistencia de la evaluación que fue realizada. El flujo de las actividades puede verse en la Figura 5.8.

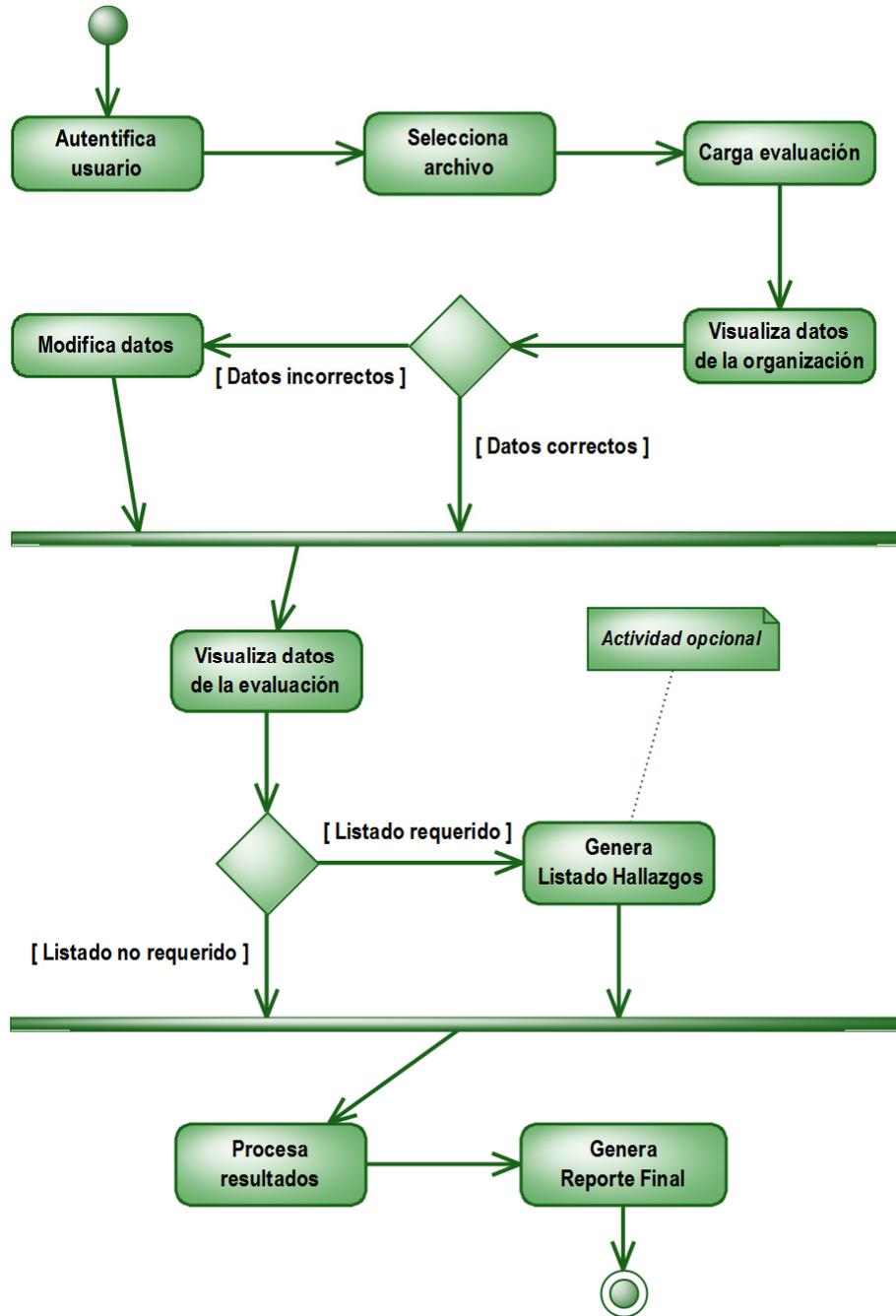


Figura 5.8 Diagrama de actividades del supervisor.

5.2.5 Diagramas de estado

En los diagramas de secuencia del evaluador y del supervisor (véanse Figuras 5.5 y 5.6), se incluye el objeto llamado “DatosEval” (Datos de la evaluación), el cual realiza las tareas relacionadas con la evaluación de los procesos.

Durante su vida, “DatosEval” pasa por varios estados. Los cambios de estados son la respuesta a ciertos eventos que desencadenan la transición (véase Figura 5.9).

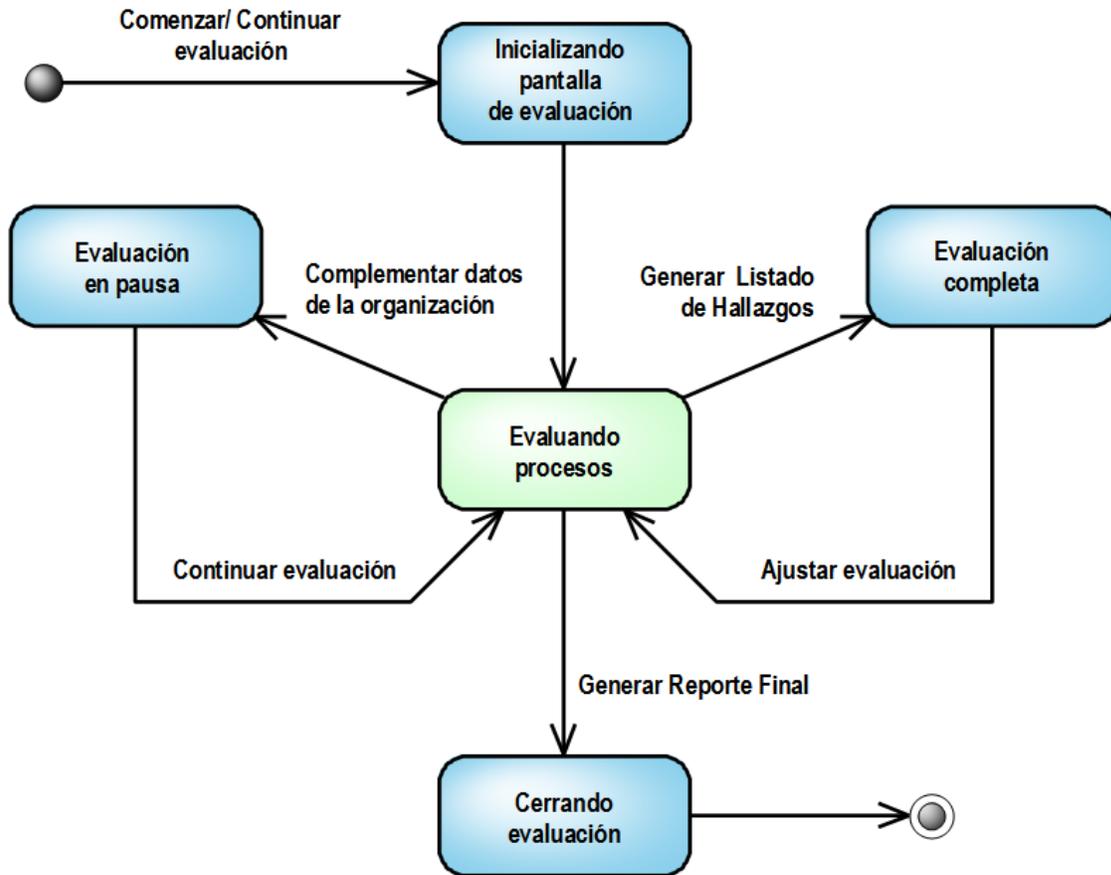


Figura 5.9 Diagrama de estados de la evaluación.

Comenzar o *Continuar una evaluación* de los procesos es el evento disparador, que hace que el objeto pase del **Estado inicial** (círculo relleno en la parte superior izquierda de la Figura 5.9), al estado **Iniciando pantalla de evaluación**. En este estado permanece hasta que termina la inicialización (carga de la evaluación) lo cual sucede cuando se visualizan los indicadores de la evaluación en la pantalla.

Al terminar la inicialización automáticamente (sin evento disparador), se da la transición al estado **Evaluando procesos**. En este estado permanece mientras el evaluador califica los indicadores de la evaluación relacionados con los procesos y el nivel de capacidad objetivo. Existen tres eventos que desencadenan la transición desde este estado hacia otros: *Complementar datos de la organización*, *Generar Listado de Hallazgos* y *Generar Reporte Final*.

Cuando el evaluador comienza una entrevista con un miembro de la organización para evaluar un proceso, puede capturar su nombre, su puesto y el rol que desempeña dentro del modelo de procesos que contempla la norma. Esta captura de información representa el evento *Complementar datos de la organización*, el cual dispara el cambio hacia el estado **Evaluación en Pausa**. Al terminar la captura de la información (que puede ser de uno o más miembros de la organización), el evaluador provoca el evento *Continuar la evaluación*, que inicia la transición de regreso al estado **Evaluando procesos**.

Por otra parte, cuando el evaluador termina la calificación de los indicadores de la evaluación, puede provocar el evento *Generar Listado de Hallazgos*. Se pasa entonces al estado **Evaluación completa**. La generación de este reporte tiene el propósito de revisar los hallazgos detectados con los miembros de la organización. Después de la reunión de revisión puede ser necesario cambiar las calificaciones de algunos indicadores de la evaluación, esto es el evento **Ajustar evaluación**, que dispara la transición de regreso a **Evaluando procesos**.

Otra secuencia posible de estados se presenta cuando el evaluador pide *Generar el Reporte Final*. Este evento provoca el cambio de estado hacia **Cerrando evaluación**. Al finalizar el cierre de la evaluación automáticamente se llega al **Estado final**.

Como puede verse, el estado **Evaluando procesos** representa el punto central de la operación del objeto "DatosEval". Para revisar a un nivel de detalle mayor las secuencias de transición tienen lugar en **Evaluando procesos** pueden verse los subestados que lo integran en la Figura 5.10.

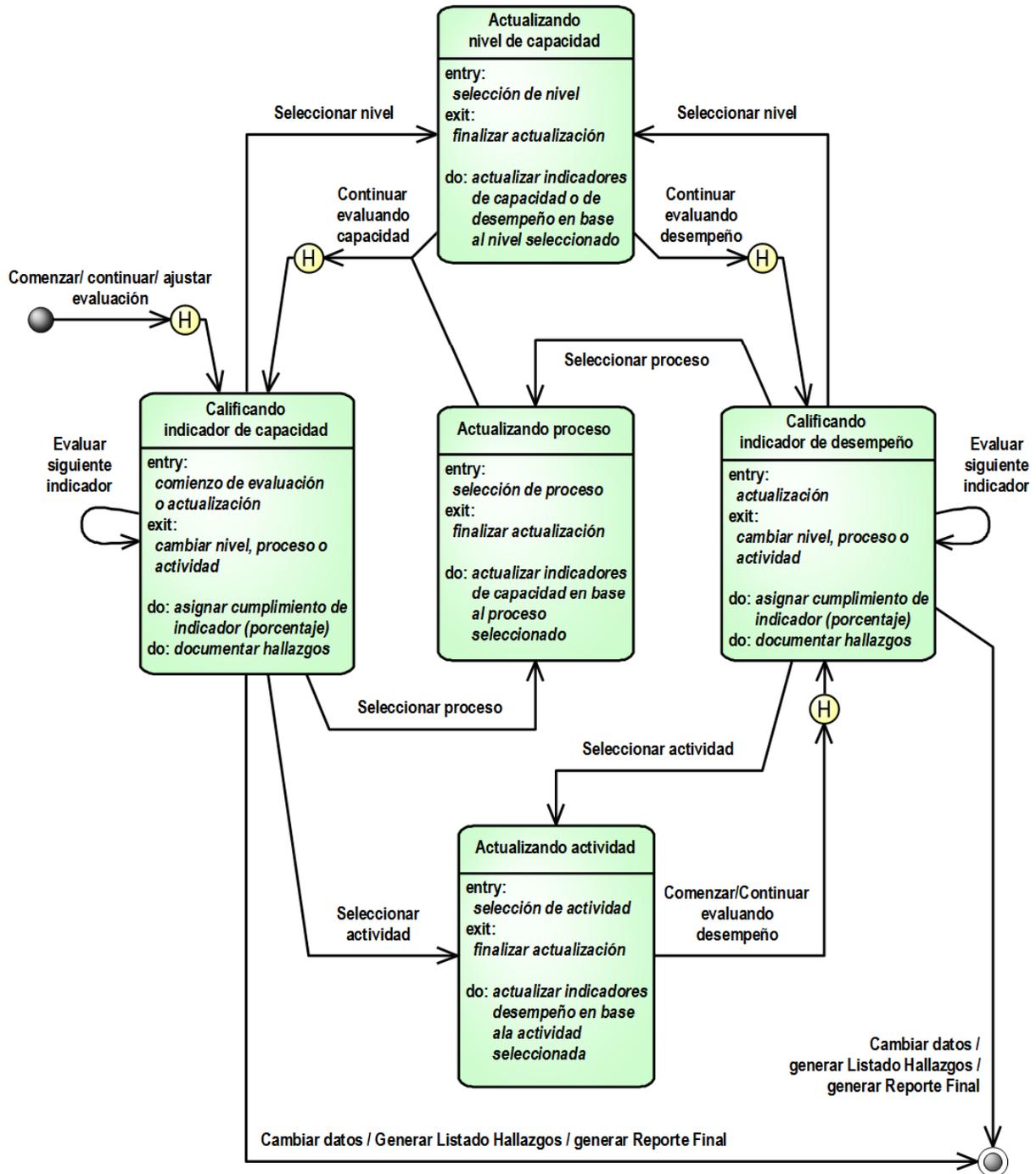


Figura 5.10 Subestados del estado "Evaluando procesos".

Al Comenzar o continuar o ajustar la evaluación, se llega al subestado **Calificando indicador de capacidad**. Aquí se asigna un porcentaje de cumplimiento de un indicador de capacidad en particular y si es el caso, se captura un hallazgo asociado al mismo. Otro

posible evento que desencadena la transición hacia este estado es *Continuar evaluando capacidad*, el cual se presenta después de actualizar el proceso o el nivel de capacidad que se está evaluando.

Al terminar se puede calificar otro indicador de capacidad. Esta iteración se representa con el arco asociado al evento *Evaluar siguiente indicador*. Cuando el evaluador selecciona otro nivel de capacidad, otro proceso u otra actividad, se produce un evento que provoca la salida de este subestado (*Seleccionar nivel*, *Seleccionar proceso* y *Seleccionar actividad* respectivamente). Otros eventos que provocan la salida hacia el estado final son *Cambiar datos* (complementar los datos de la organización), *Generar Listado Hallazgos* y *Generar Reporte Final*.

Cuando sucede el evento *Seleccionar nivel*, se da la transición hacia el subestado **Actualizando nivel de capacidad**. Aquí se actualizan los indicadores de la evaluación que aparecen en la pantalla, en base al nuevo nivel de capacidad seleccionado. Si se llega a este subestado cuando se estaban calificando los indicadores de capacidad, al terminar la actualización ocurre el evento *Continuar evaluando la capacidad*. Si la llegada fue cuando se estaba calificando los indicadores de desempeño, al terminar la actualización, ocurre el evento *Continuar evaluando el desempeño*.

Al presentarse el evento *Seleccionar proceso*, se pasa al subestado **Actualizando proceso**. Aquí se actualizan los indicadores de capacidad que aparecen en la pantalla, en base al nuevo proceso seleccionado y al nivel de capacidad actual. Al terminar la actualización ocurre el evento *Continuar evaluando la capacidad*.

Cuando sucede el evento *Seleccionar actividad*, se pasa al subestado **Actualizando actividad**. Aquí se actualizan los indicadores de desempeño que aparecen en la pantalla, en base a la nueva actividad seleccionada y al proceso y nivel de capacidad actuales. Al finalizar, ocurre el evento *Continuar evaluando el desempeño*.

Cuando el evaluador elige un distinto nivel de capacidad o una nueva actividad, genera el evento *Comenzar o continuar evaluando desempeño*. Este evento provoca la llegada al subestado **Calificando indicador de desempeño**. Se asigna un porcentaje de cumplimiento de un indicador de desempeño en particular y de ser necesario se captura un hallazgo asociado al mismo. Al terminar se puede calificar otro indicador de desempeño.

Cuando el evaluador selecciona otro nivel de capacidad, otro proceso u otro nivel, o cuando se requiere complementar los datos de la organización, generar el listado de Hallazgos o generar el Reporte Final, se produce un evento que provoca la salida de este subestado.

5.2.6 Diagramas de clases

La estructura necesaria para manejar los elementos de las normas consideradas por este trabajo de tesis, puede verse en el diagrama de clases de la Figura 5.11.

Los elementos normativos de la NMX-I-059 y de la NMX-I-006 (véanse secciones 4.2.2.2, 4.2.2.3 y 3.3.1), se organizan mediante asociaciones de agregación, de la siguiente manera:

- La clase **Norma** esta asociada con la clase **Categoría** ya que el modelo de procesos de referencia que incluye la norma tiene varias categorías, a saber son tres.
- La clase **Categoría** tiene de varios objetos de la clase **Proceso**.
- La clase **Proceso** se relaciona con la clase **Actividad** y con la clase **Objetivo** ya que un proceso tiene varias actividades y varios objetivos.
- La clase **Norma** está asociada con la clase **Nivel**. Son 6 niveles de capacidad contemplados por la norma.

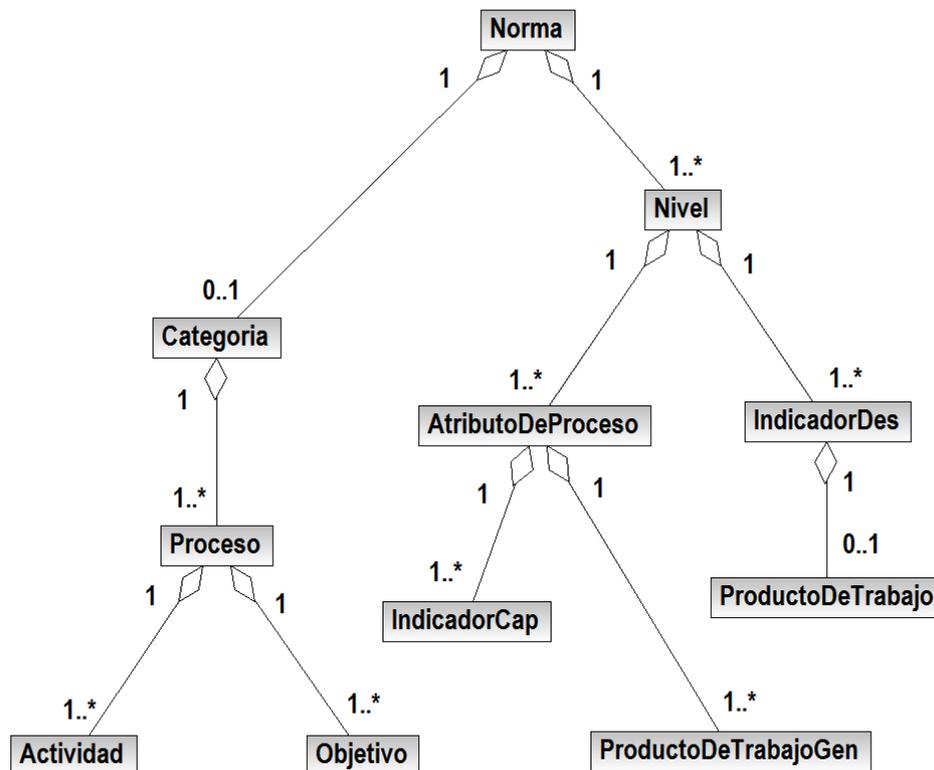


Figura 5.11 Estructura de clases de los elementos de la norma.

- Un objeto de la clase **Nivel** tiene varios objetos de la clase **AtributoDeProceso** y varios objetos de la clase **IndicadorDes** (indicador de desempeño).
- Un indicador de desempeño se relaciona con un producto de trabajo.
- La clase **AtributoDeProceso** se asocia con la clase **IndicadorCap**.
- Un producto de trabajo genérico está relacionado con un indicador de capacidad.

Para la evaluación de los procesos se considera la estructura de clases definida en la Figura 5.12

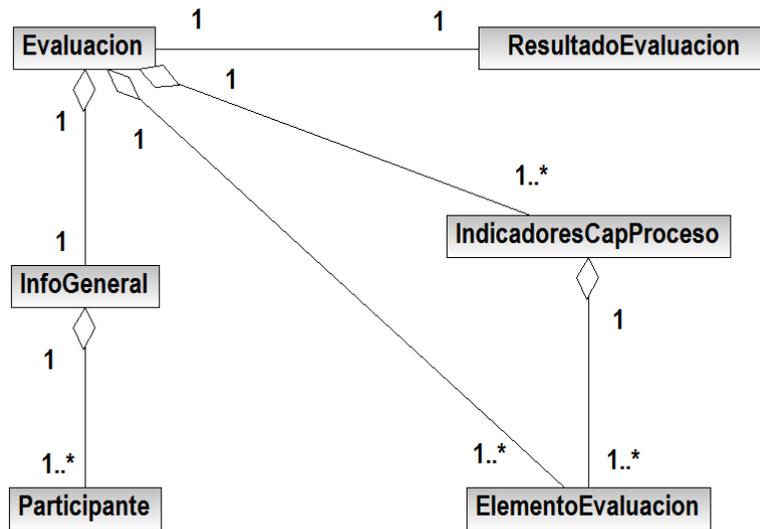


Figura 5.12 Diagrama de clases para la evaluación de los procesos.

- La clase **Evaluación** está asociada con la clase **InfoGeneral** (datos de la organización que será evaluada).
- A su vez, la clase **InfoGeneral** se asocia con la clase **Participante**. En la información de la organización se incluyen los datos de los participantes en la evaluación.
- La clase **Evaluación** se relaciona con la clase **ElementoEvaluacion** ya que un elemento de la evaluación puede ser un indicador de desempeño.
- **Evaluación** se asocia con la clase **IndicadoresCapProceso** (indicadores de capacidad del proceso), debido a que esta última agrupa a los indicadores de capacidad para cada uno de los procesos.
- **IndicadoresCapProceso** se asocia con **ElementoEvaluacion** ya que un elemento de la evaluación puede ser un indicador de capacidad.
- Finalmente, la clase **Evaluación** se asocia con la clase **ResultadoEvaluacion**, ya que un objeto de la clase **ResultadoEvaluacion** contiene los métodos necesarios para obtener los resultados de la evaluación (véase Figura 5.13).

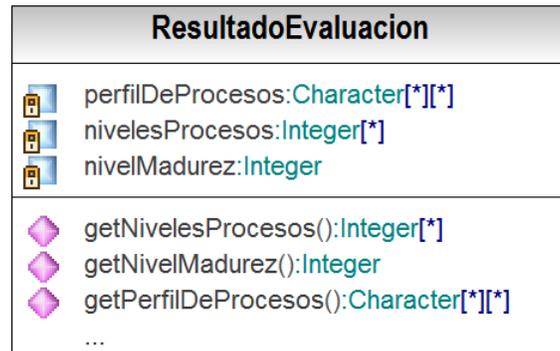


Figura 5.13 La clase “ResultadoEvaluacion”.

La clase **ResultadoEvaluacion** se encargará de procesar la información de la evaluación para obtener los perfiles de capacidad de cada uno de los procesos, el nivel de capacidad alcanzado por cada proceso, y el nivel de Madurez de capacidades de la organización. Esta clase es el vínculo entre la estructura de clases que modela los elementos normativos y la estructura de clases que modela los elementos de la evaluación de los requisitos de la norma.

En el Apéndice B se muestra el diagrama de las clases que intervienen en creación de los reportes de la evaluación.

5.2.7 Cálculos necesarios

Como se describió en la sección 3.2.2 de esta tesis, el marco de evaluación de la NMX-I-006-NYCE, establece la necesidad de ubicar los procesos de la organización en un determinado nivel de capacidad.

Para esto, se deben determinar el grado de cumplimiento de cada atributo del proceso, en base a una escala ordinal de cuatro puntos (véanse Tablas 3.2 y 3.3). Al calificar todos los atributos de un proceso determinado se obtiene el perfil del proceso.

Se puede determinar el cumplimiento de un atributo de proceso (para un proceso determinado) en base a las calificaciones de los indicadores de evaluación asociados al mismo.

Adicionalmente, la norma NMX-I-059-NYCE indica el mecanismo para determinar el nivel de madurez de capacidades de la organización (véase sección 4.2.2.3).

Las actividades anteriores pueden expresarse de la siguiente manera:

a) Calificar los indicadores de evaluación

A cada indicador de evaluación, debe asignarse una calificación que represente el grado de cumplimiento con los requisitos establecidos. Por ejemplo, una calificación de 85, implica el 85% de cumplimiento con los requisitos de un indicador determinado.

La herramienta de evaluación debe proveer el medio para calificar los indicadores de evaluación.

b) Calificar un atributo de proceso

Las calificaciones de todos los indicadores de evaluación asociados a un atributo de proceso (porcentajes de cumplimiento de los indicadores) se promedian.

Ejemplo: supóngase que el atributo de proceso AP_{ij} (donde i es un nivel de capacidad, $i=1,2,3,4,5$; y j es el número de atributo de proceso, $j=1$ o 2) tiene asociados 4 indicadores con las calificaciones $C_1=78$, $C_2=76$, $C_3=60$ y $C_4=85$. El valor promedio de calificaciones obtenido es **74.7**.

El valor obtenido debe ubicarse en uno de los cuatro puntos de la escala definida en la Tabla 3.3. (N, P, L o F). En este caso, el cumplimiento del atributo de proceso AP_{ij} es L o **Consideradamente logrado**.

La herramienta de evaluación debe determinar el cumplimiento de cada atributo de proceso y ubicarlo en alguno de los cuatro puntos de la escala definida de forma automática.

c) Obtener perfil del proceso y determinar su capacidad

El conjunto de calificaciones de los atributos de un proceso, constituye el perfil del proceso. Los atributos de proceso que se califican están en función del alcance de la evaluación.

Supóngase que se debe evaluar un proceso a nivel 3, y que después de calificar los atributos del proceso se obtuvo el perfil que muestra la Tabla 5.4.

Tabla 5.4 El perfil de proceso obtenido.

ATRIBUTO DE PROCESO	CALIFICACIÓN
AP 1.1	F Completamente logrado
AP 2.1	F Completamente logrado

AP 2.2	L Consideradamente logrado
AP 3.1	F Completamente logrado
AP 3.1	P Parcialmente logrado

De acuerdo a los perfiles de proceso requeridos (expresados en la Tabla 3.4), el nivel de capacidad del proceso es **Nivel 2**.

La herramienta debe determinar automáticamente el nivel de capacidad de un proceso, en base al perfil del proceso obtenido.

d) Obtener el Nivel de madurez de capacidades

El nivel de madurez de capacidades de la organización, es el máximo nivel de capacidad, alcanzado por todos los procesos (véase sección 4.2.2.3).

Supongamos que después de evaluar los nueve procesos de la norma, se obtuvieron los resultados mostrados en la Tabla 5.5.

Tabla 5.5 Los niveles de capacidad obtenidos.

PROCESO	NIVEL OBTENIDO
GN	3
GPR	3
GPY	2
GR	4
RHAT	1
BSI	4

CO	3
APE	3
DMS	4

En este caso, el nivel de madurez de capacidades de la organización es **Nivel 1**.

En base a los niveles de capacidad obtenidos por los procesos, la herramienta debe determinar el nivel de madurez de capacidades de manera automática.

5.3 Diseño del almacenamiento de datos

La información que manejará la herramienta de evaluación, no se almacenará en tablas de una Base de datos. Lo anterior tiene el propósito de asegurar que la herramienta de evaluación no dependa de un DBMS (*DataBase Management System, Sistema de Gestión de Base de datos*) específico logrando de esta manera una mayor portabilidad.

Los volúmenes de información que se manejarán son pequeños. Además, la herramienta no realizará operaciones de actualización, eliminación, o creación de datos de manera intensiva. En lugar de una Base de datos se emplearán archivos XML.

La información que debe ser almacenada se puede agrupar conceptualmente en dos grandes grupos: los elementos normativos y los elementos de la evaluación. Estos elementos están directamente relacionados con las clases identificadas en la sección 5.2.6 de esta Tesis.

El sistema utilizará un archivo XML que sirva como contenedor de los elementos de la norma. Así mismo, se definirá un archivo XML adicional que contenga la estructura para almacenar los datos de la evaluación. El contenido de ambos archivos no será modificado directamente por el sistema. La información se almacenará una sola vez y en lo sucesivo solamente será consultada, de tal manera que los archivos XML servirán como fuente de la información. Al inicio de cada ejecución, el sistema leerá la información de los archivos XML fuente y la colocará en la memoria principal.

No se requieren realizar operaciones de modificación, supresión o adición de información a los archivos XML fuente a través del sistema. Por esta razón no es necesario considerar la integridad referencial.

Cuando sea necesario guardar los datos de una evaluación practicada, el sistema creará un nuevo archivo que contenga la estructura completa y los todos los datos de la evaluación, sin afectar en absoluto el contenido de los archivos XML fuente.

5.3.1 Representación de las clases en XML

A continuación se describen los datos que integran a la clase “**nivel**”:

Clase “**nivel**”

Cada uno de los 6 niveles de capacidad definidos en la norma. Esta clase está asociada con las clases “*atributoDeProceso*” e “*indicadorDes*” (véase Tabla 5.6).

Tabla 5.6 Clase “*nivel*”.

ATRIBUTO	TIPO	DESCRIPCIÓN
id	Integer	Clave del nivel
nombre	String	Nombre del nivel
niv	String	Alias del nivel
descripcion	String	Explicación sobre sus beneficios
introduccion	String	Texto de introducción a los atributos de proceso

Dado que la herramienta no utilizará una Base de Datos para almacenar la información, sino archivos XML, es necesario representar cada clase como un elemento de un archivo XML.

La Figura 5.14 muestra la clase “**nivel**” en un fragmento del archivo XML y su representación gráfica, considerando atributos y elementos. Se puede consultar más información sobre el lenguaje XML en [27].

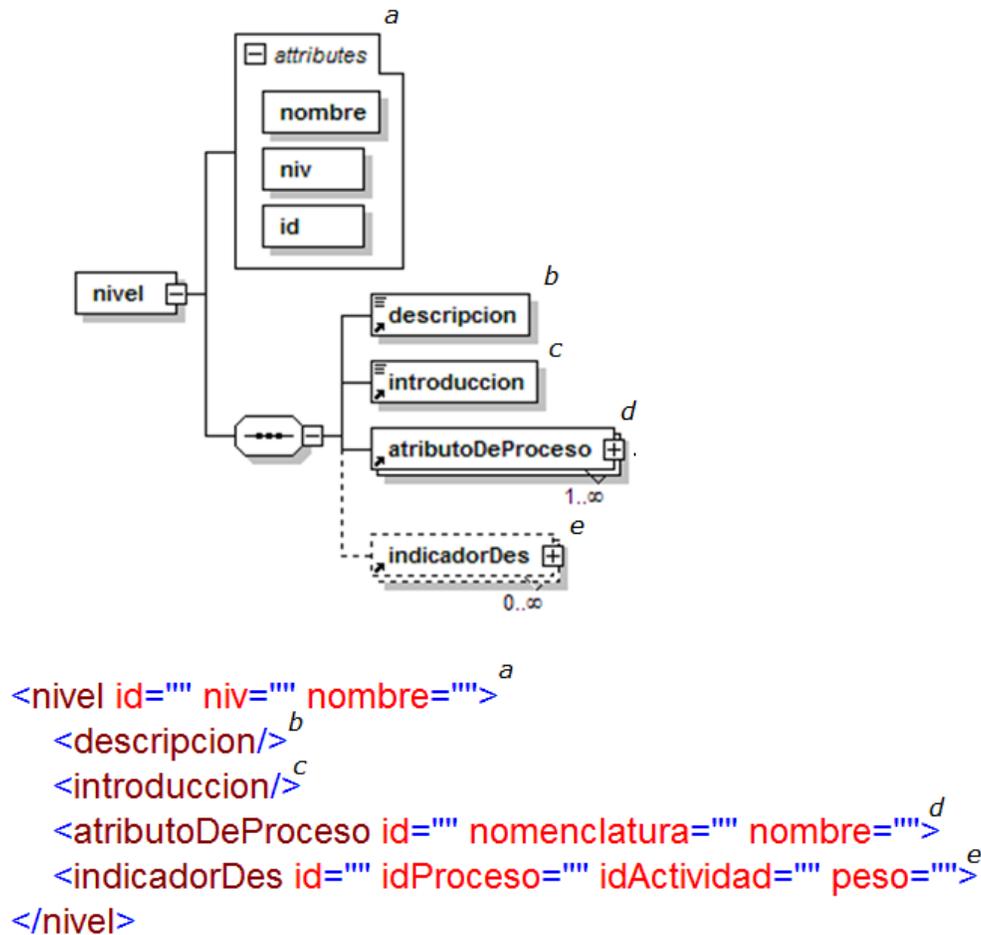


Figura 5.14 Clase “nivel” representada gráficamente en XML.

Dentro del archivo XML, “id”, “niv” y “nombre” se consideran atributos del nodo “nivel”, mientras que “descripcion” e “introducción” se consideran elementos del mismo nodo.

Las asociaciones con las clases “atributoDeProceso” e “indicadorDes” también se expresan como elementos del nodo “nivel”. Así se añadirán todos los elementos “atributoDeProceso” e “indicadorDes” que se necesiten. De la misma manera se realizó la representación de todas las clases como elementos de un archivo XML (véase Figura 5.24).

A continuación se describen los datos de las demás clases que representan los elementos normativos.

Clase “atributoDeProceso”

Cada uno de los nueve atributos de proceso definidos en la norma. Esta clase está asociada con las clases “nivel”, *productoDeTrabajoGen* e *indicadorCap* (véanse Figura 5.15, Tabla 5.7).

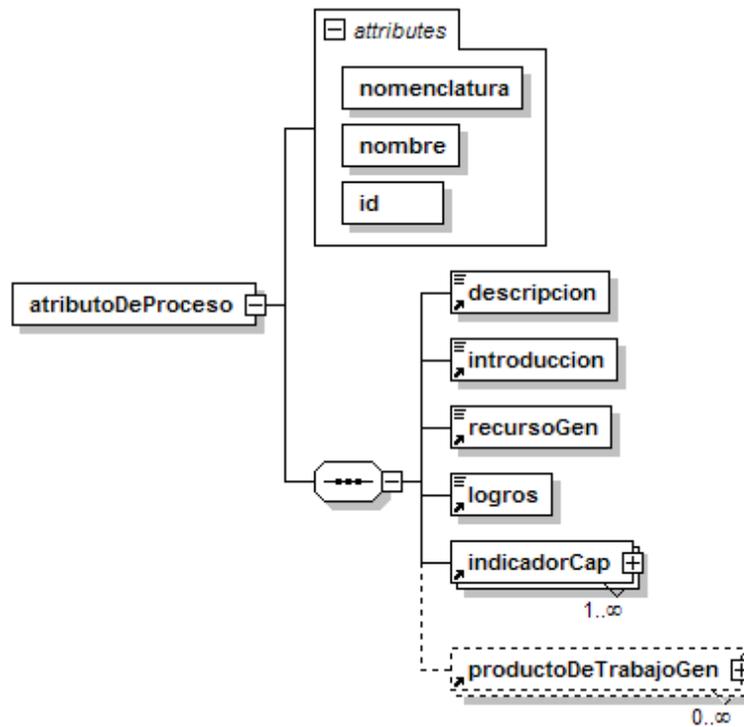


Figura 5.15 Clase “atributoDeProceso” representada gráficamente en XML.

Tabla 5.7 Clase “atributoDeProceso”.

ATRIBUTO	TIPO	DESCRIPCIÓN
id	Integer	Clave del AP
nomenclatura	String	Nomenclatura del AP
nombre	String	Nombre del AP
descripcion	String	Explicación sobre su significado
introduccion	String	Texto de introducción a los logros
recursoGen	String	Recursos Genéricos del AP
logros	String	Logros del AP

Clase “indicadorCap”

Un indicador de capacidad definido en la norma (en este caso se refiere a las Prácticas genéricas). Está asociada con la clase “atributoDeProceso” (véanse Figura 5.16, Tabla 5.8).

Tabla 5.8 Clase “indicadorCap”.

ATRIBUTO	TIPO	DESCRIPCIÓN
----------	------	-------------

id	Integer	Clave del indicador
descripcion	String	Explicación del requisito
peso	Integer	Valor de importancia
nomenclatura	String	Nomenclatura del indicador
nombre	String	Nombre del indicador

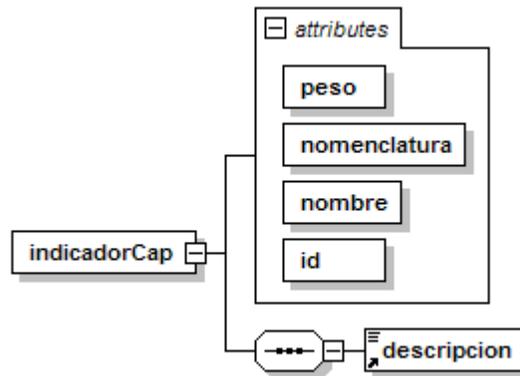


Figura 5.16 Clase “indicadorCap” representada gráficamente en XML.

Clase “productoDeTrabajoGen”

Un producto de trabajo genérico definido en la norma. Está asociada con la clase “atributoDeProceso” (véanse Figura 5.17, Tabla 5.9).

Tabla 5.9 Clase “productoDeTrabajoGen”.

ATRIBUTO	TIPO	DESCRIPCIÓN
id	Integer	Clave del PTG
descripcion	String	Explicación sobre su significado
nomenclatura	String	Nomenclatura del PTG
nombre	String	Nombre del PTG
logro	String	Logro relacionado

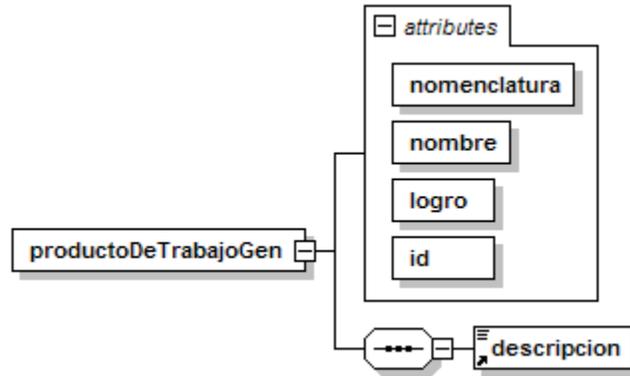


Figura 5.17 Clase “productoDeTrabajoGen” representada gráficamente en XML.

Clase “indicadorDes”

Un indicador de desempeño (producto de trabajo y/o práctica base). Está asociada con las clases “proceso”, “actividad”, “nivel” y “productoDeTrabajo” (véanse Figura 5.18, Tabla 5.10).

Tabla 5.10 Clase “indicadorDes”.

ATRIBUTO	TIPO	DESCRIPCIÓN
id	Integer	Clave del Indicador
peso	Integer	Valor de importancia
idProceso	Integer	Clave del proceso
idActividad	Integer	Clave de la actividad
descripcion	String	La práctica base asociada

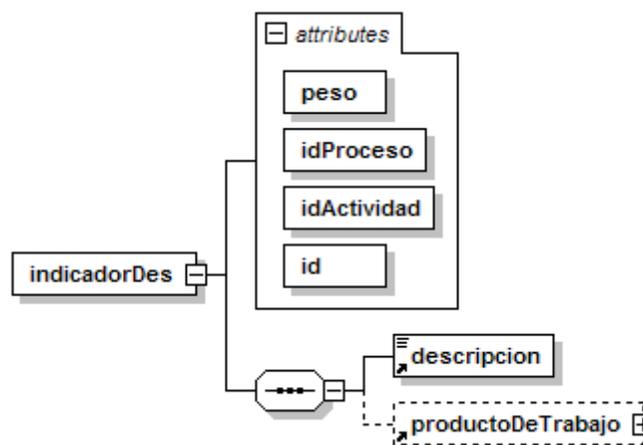


Figura 5.18 Clase “indicadorDes” representada gráficamente en XML.

Clase “productoDeTrabajo”

Un producto de trabajo definido por la norma. Está asociada con la clase “*indicadorDes*” (véanse Figura 5.19, Tabla 5.11).

Tabla 5.11 Clase “productoDeTrabajo”.

ATRIBUTO	TIPO	DESCRIPCIÓN
id	Integer	Clave del Indicador
requisitos	String	Los requisitos establecidos para el PT
nomenclatura	String	Nomenclatura del PT
nombre	String	Nombre del PT

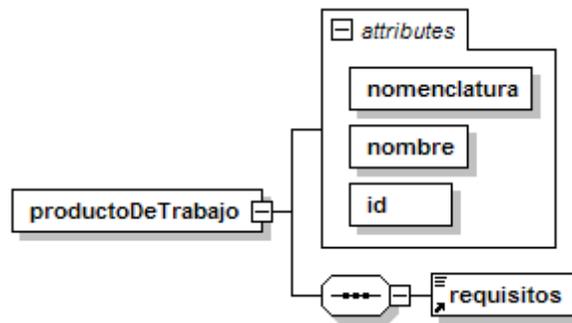


Figura 5.19 Clase “productoDeTrabajo” representada gráficamente en XML.

Clase “categoria”

Cada una de las tres categorías que considera la norma para agrupar los procesos. Está asociada con la clase “*proceso*” (véanse Figura 5.20, Tabla 5.12).

Tabla 5.12 Clase “categoria”.

ATRIBUTO	TIPO	DESCRIPCIÓN
id	Integer	Clave de la categoría
nombre	String	Nombre de la categoría
abreviatura	String	Abreviatura de la categoría

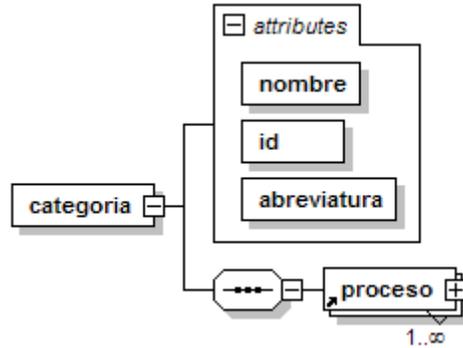


Figura 5.20 Clase “categoria” representada gráficamente en XML.

Clase “proceso”

Cada uno de los nueve procesos que considera la norma. Está asociada con la clases “objetivo” y “actividad” (véanse Figura 5.21, Tabla 5.13).

Tabla 5.13 Clase “proceso”.

ATRIBUTO	TIPO	DESCRIPCIÓN
id	Integer	Clave del proceso
nomenclatura	String	Nomenclatura del proceso
nombre	String	Nombre del proceso
proposito	String	Propósito del proceso
abreviatura	String	Abreviatura del proceso

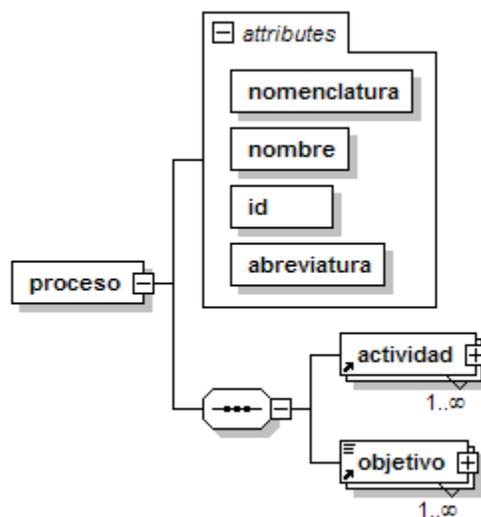


Figura 5.21 Clase “proceso” representada gráficamente en XML.

Clase “actividad”

Una actividad perteneciente a un proceso. Está asociada con las clases “proceso” e “indicadorDes” (véanse Figura 5.22, Tabla 5.14).

Tabla 5.14 Clase “actividad”.

ATRIBUTO	TIPO	DESCRIPCIÓN
id	Integer	Clave de la actividad
numero	String	La abreviatura de la actividad
nombre	String	Nombre de la actividad
introduccion	String	Texto de introducción a las prácticas base

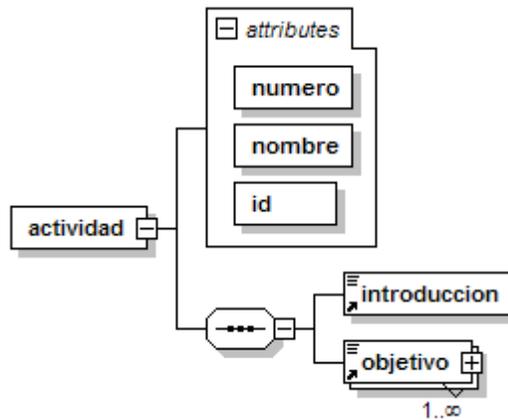


Figura 5.22 Clase “actividad” representada gráficamente en XML.

Clase “objetivo”

Un objetivo relacionado con un proceso. Está asociada con la clase “proceso” (véanse Figura 5.23, Tabla 5.15).

Tabla 5.15 Clase “objetivo”.

ATRIBUTO	TIPO	DESCRIPCIÓN
id	Integer	Clave del objetivo
descripcion	String	Descripción del objetivo
clave	String	Nomenclatura del objetivo

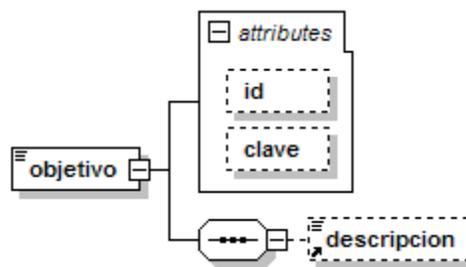


Figura 5.23 Clase “objetivo” representada gráficamente en XML.

El archivo XML mostrado en la Figura 5.24 incluye todas las clases que representan un elemento de información normativo.

Siguiendo un proceso similar, se genera el esquema de almacenamiento de los elementos de información de una evaluación utilizando un archivo XML. La figura 5.25 muestra su representación gráfica y el archivo puede observarse en la Figura 5.26.

```

<nivel id="" niv="" nombre="">
  <descripcion/>
  <introduccion/>
  <atributoDeProceso id="" nomenclatura="" nombre="">
    <descripcion/>
    <introduccion/>
    <recursoGen/>
    <logros/>
    <indicadorCap peso="" id="" nomenclatura="" nombre="">
      <descripcion/>
    </indicadorCap>
    <productoDeTrabajoGen id="" logro="" nomenclatura="" nombre="">
      <descripcion/>
    </productoDeTrabajoGen>
  </atributoDeProceso>
  <indicadorDes peso="" idActividad="" id="" idProceso="">
    <descripcion/>
    <productoDeTrabajo id="" nomenclatura="" nombre="">
      <requisitos/>
    </productoDeTrabajo>
  </indicadorDes>
</nivel>
<categoria id="" abreviatura="" nombre="">
  <proceso id="" nomenclatura="" abreviatura="" nombre="">
    <actividad id="" numero="" nombre="">
      <introduccion/>
      <objetivo id="" clave="">
        <descripcion/>
      </objetivo>
    </actividad>
    <objetivo id="" clave="">
      <descripcion/>
    </objetivo>
  </proceso>
</categoria>

```

Figura 5.24 Las clases representadas como elementos de XML.

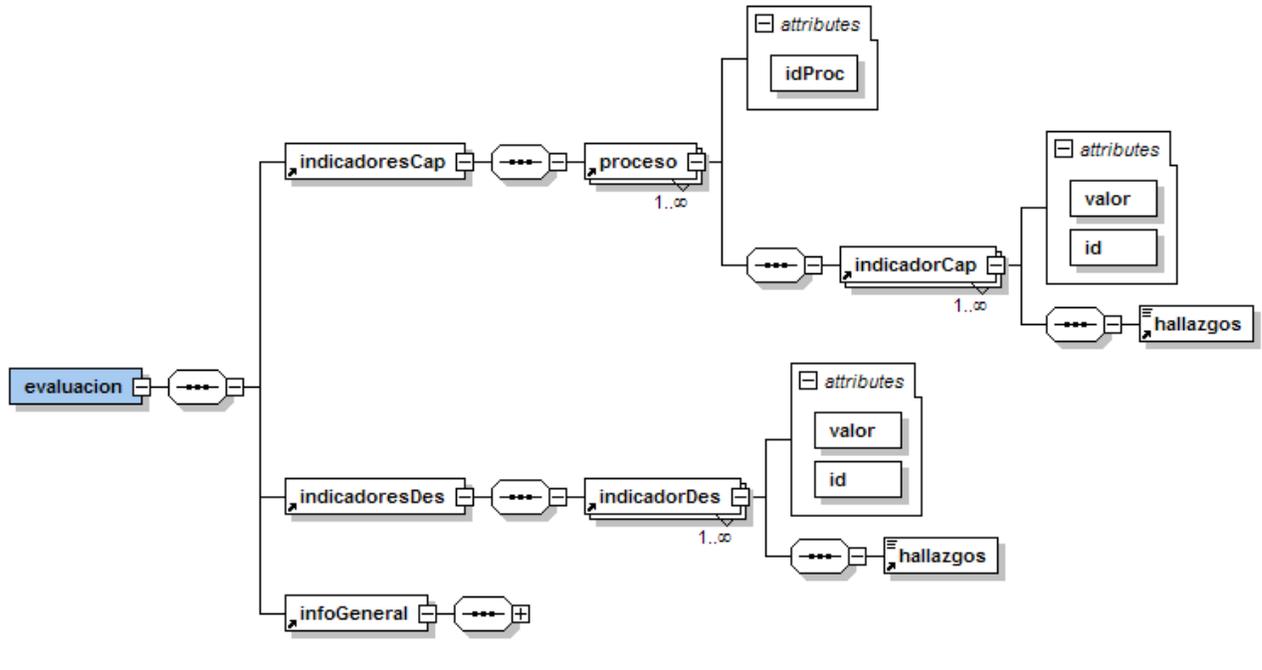


Figura 5.25 Las clases de la evaluación, representadas gráficamente en XML.

```

<evaluacion>
  <indicadoresCap>
    <proceso idProc="">
      <indicadorCap id="" valor="">
        <hallazgos/>
      </indicadorCap>
    </proceso>
  </indicadoresCap>
  <indicadoresDes>
    <indicadorDes id="" valor="">
      <hallazgos/>
    </indicadorDes>
  </indicadoresDes>
  <infoGeneral>
    <area/>
    <confidencialidad/>
    <contexto/>
    <direccion/>
    <evFechaInicio/>
    <evFechaTermino/>
    <evProposito/>
    <evaluador1/>
    <evaluador2/>
    <evaluador3/>
    <evaluadorEnt1/>
    <evaluadorEnt2/>
    <evcEmail/>
    <evcEmpresa/>
    <evcNombre/>
    <evcTelefono/>
    <metodo/>
    <nivel/>
    <nombre/>
    <participante>
      <nombre/>
      <puesto/>
      <rol/>
    </participante>
    <procesoAEvaluar/>
    <repCargo/>
    <repEmail/>
    <repFax/>
    <repNombre/>
    <repTelefono/>
    <riesgos/>
  </infoGeneral>
</evaluacion>

```

Figura 5.26 Las clases de la evaluación, representadas como elementos de un archivo XML.

5.4 Manejo de cambios en la norma

En caso de que se hicieran cambios a la Parte 02 de la NMX-I-059-NYCE, se visualizan tres posibles escenarios:

- a) Cambios en los indicadores. En este caso, la herramienta y su funcionalidad no se verían afectadas. Solamente se necesitaría actualizar la información de los indicadores en los archivos XML fuente, la cual se carga para todos los procesos, al arrancar la aplicación.
- b) Cambios en modelo de procesos de referencia. Si se introdujeran nuevos procesos y/o se eliminaran algunos de los procesos actuales, se tendría que modificar la herramienta en cuanto a la distribución de espacios en el Reporte Final, los cuales están ajustados a los nueve procesos que considera la norma actualmente. Adicionalmente se tendrían que hacer las modificaciones correspondientes a los archivos XML fuente, como se indica en a).
- c) Cambios en los elementos normativos. Dependiendo del tipo de cambios en la norma, podría ser necesario cambiar la estructura de clases que representan los elementos normativos, los archivos XML fuente que se utilizan para almacenar la información de la norma y de la evaluación e incluso parte de la funcionalidad que actualmente provee la herramienta.

6 PRUEBAS Y RESULTADOS

6.1 Introducción

El desarrollo de la herramienta usando el lenguaje de programación Java, generó un conjunto de clases que provee la funcionalidad del sistema. Las clases se agrupan en paquetes.

El paquete que agrupa todas las clases del sistema es “SEVAL59” (véase Figura 6.1). Dentro de “SEVAL59” se encuentran tres paquetes más:

- “gui” Contiene las clases que generan la Interfaz gráfica de usuario.
- “data” Contiene las clases que modifican y manipulan la información del sistema.
- “io” Contiene las clases que generan y administran los archivos de evaluación y la generación de reportes en archivos PDF.

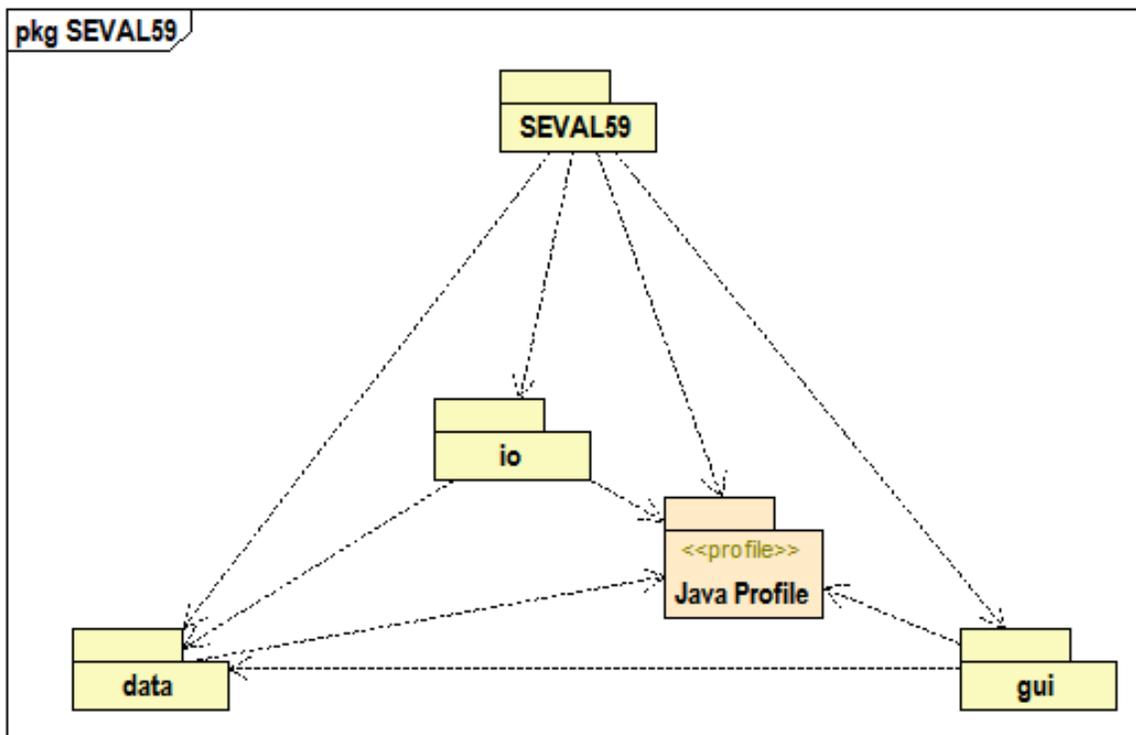


Figura 6.1 Dependencia de los paquetes del sistema SEVAL59.

La Figura 6.2 muestra las dependencias que existen entre las principales clases del sistema.

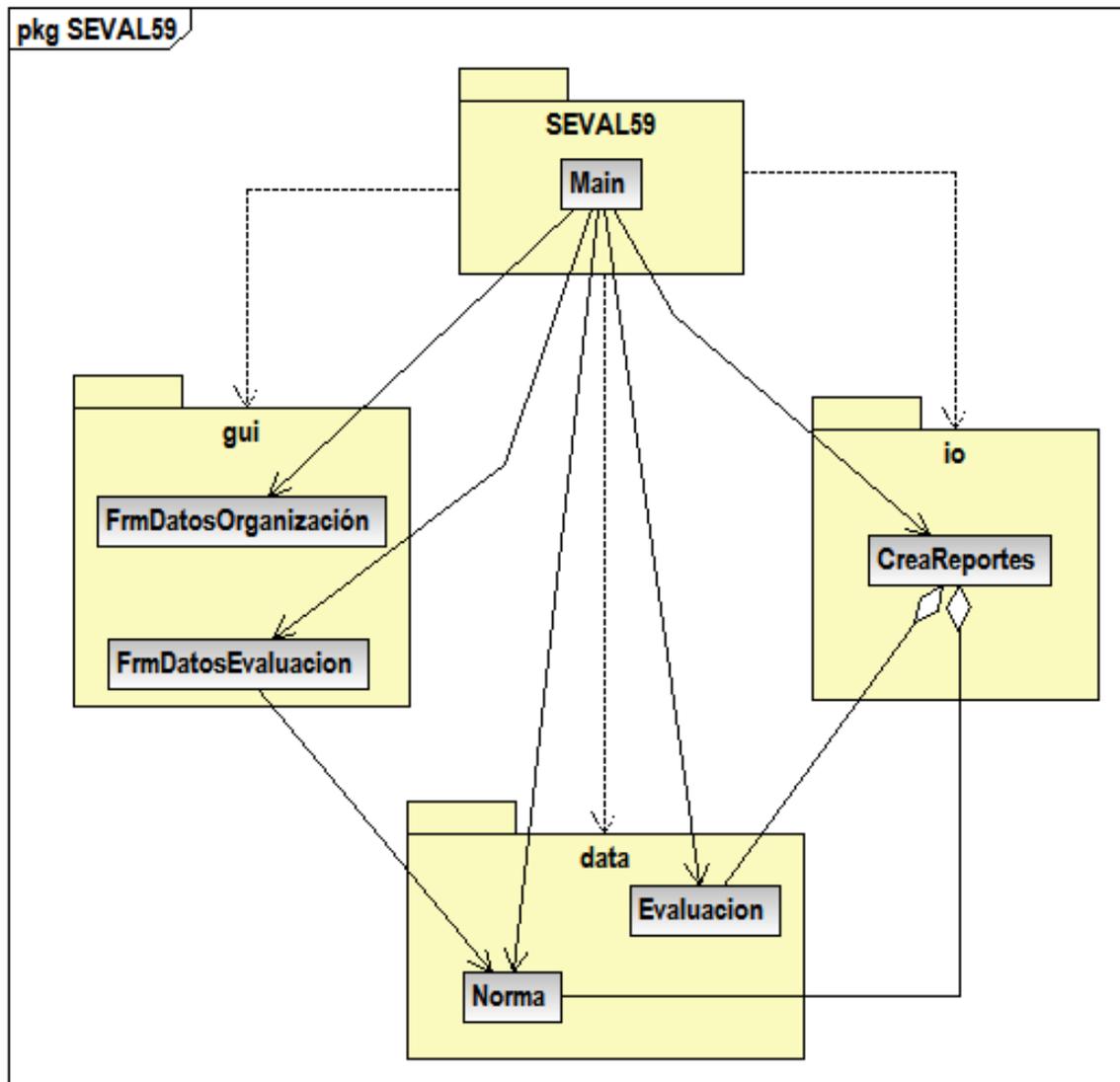


Figura 6.2 Dependencia entre las clases del sistema SEVAL59.

La clase “FrmDatosOrganizacion” genera la pantalla de captura de los datos de la organización a ser evaluada. La clase “FrmDatosEvaluacion” genera la pantalla de captura de las calificaciones de los indicadores de la evaluación.

La clase “Norma” implementa el esquema lógico de la información de las normas, mientras que la clase “Evaluacion” lo hace para los datos de la evaluación (véase sección 5.2.6 para más detalles). La clase “CreaReportes” genera los archivos PDF de salida.

Para distribuir la aplicación, el conjunto de paquetes y clases que integran el sistema serán empaquetados en un archivo de tipo “.jar”, lo que permitirá su fácil ejecución en cualquier equipo que tenga instalada la Máquina Virtual de Java (JVM) independientemente de la plataforma.

6.2 Pruebas y resultados

6.2.1 Un caso de evaluación

A continuación se muestra una evaluación de procesos contra los requisitos de la NMX-I-059-NYCE-2005. Se establece el alcance de la evaluación para verificar los nueve procesos de la norma al nivel de capacidad 1.

Primero se describe el proceso manual de evaluación de los procesos, utilizando datos de prueba ficticios. Posteriormente se describe la interacción con la herramienta durante la evaluación.

6.2.1.1 Los datos de prueba y resultados manuales

Para evaluar los nueve procesos de la norma, se usarán los hallazgos contenidos en las Tablas 6.1 a 6.9.

El proceso *Gestión de Negocio*, tiene **10** indicadores de evaluación en el Nivel 1 (asociados al atributo de proceso AP 1.1). Para uno de los indicadores, se registra la calificación de **85** (85% de cumplimiento con los requisitos) y se documenta el hallazgo que se muestra en la Tabla 6.1. Los otros nueve indicadores no tienen hallazgos y se califican con el máximo (100% de cumplimiento).

El promedio de calificaciones de los indicadores para *Gestión de Negocio* es de **98.5**, esto es: $(9 \cdot 100 + 1 \cdot 85) / 10$. De acuerdo al marco de medición definido en la NMX-I-006-NYCE (véase Tabla 3.3), este valor promedio permite que el evaluador ubique (de manera visual) el cumplimiento del atributo de proceso AP 1.1 de *Gestión de Negocio* en **F - Completamente logrado**. Así, el evaluador puede documentar manualmente la calificación obtenida.

Tabla 6.1 Hallazgos para Gestión de Negocio.

No.	HALLAZGO
1	No se contemplan los elementos de la Base de Conocimiento dentro de la Estrategia de Recursos.

Para el proceso *Gestión de Procesos*, se tienen **10** indicadores en el Nivel 1, de los cuales ocho no tienen hallazgos. Los restantes dos, se califican con **80** y **0** respectivamente, además de registrar los hallazgos que se muestran en la Tabla 6.2.

El promedio de calificaciones de los indicadores es de **88** ($[8 \cdot 100 + 80 + 0] / 10$). La calificación para el AP 1.1 de *Gestión de Procesos* es de **Completamente logrado - F**.

Tabla 6.2 Hallazgos para Gestión de Procesos.

No.	HALLAZGO
1	No se identifica claramente la sección de Herramientas dentro del Plan de adquisiciones.
2	No se cuenta con la documentación de los procesos que se definieron en el Plan Estratégico, contemplando los elementos de procesos definidos en el Plan de Procesos.

El proceso *Gestión de Proyectos*, tiene **11** indicadores en el Nivel 1. La Tabla 6.3 muestra los hallazgos detectados para tres indicadores, los cuales se califican con **70**, **85** y **80** respectivamente. El promedio de calificaciones de los indicadores es de **94** ($(8 \times 100 + 70 + 85 + 80) / 10$). La calificación para el AP 1.1 de este proceso es: **Completamente logrado - F**.

Tabla 6.3 Hallazgos para Gestión de Proyectos.

No.	HALLAZGO
1	No se presentó evidencia del análisis realizado para la elección del Proyecto interno.
2	El Plan de Trabajo de ventas es incipiente (Bitácora, siguiente actividad).
3	En el Plan de Adquisiciones, no se perciben las necesidades actuales de recursos del proceso.

El proceso *Gestión de Recursos*, tiene **4** indicadores en el Nivel 1. La Tabla 6.4 muestra el hallazgo detectado para uno de los indicadores, el cual se califica con **75**. El promedio de calificaciones de los indicadores es de **93.7** ($(3 \times 100 + 75) / 4$). La calificación para el AP 1.1 de este proceso es: **Completamente logrado - F**.

Tabla 6.4 Hallazgos para Gestión de Recursos.

No.	HALLAZGO
1	No se identifican claramente las Herramientas necesarias para la operación de este proceso, dentro del Plan de Adquisiciones y Capacitación.

El proceso *Recursos Humanos y Ambiente de Trabajo*, tiene 6 indicadores en el Nivel 1. La Tabla 6.5 muestra los hallazgos detectados para tres indicadores, los cuales se califican con 0, 70 y 30 respectivamente. El promedio de calificaciones de los indicadores es de 66.6 ($[3*100 + 70 + 30]/6$). La calificación para el AP 1.1 de este proceso es: **Consideradamente logrado - L.**

Tabla 6.5 Hallazgos para Recursos Humanos y Ambiente de Trabajo.

No.	HALLAZGO
1	No existe evidencia de la revisión del PORHAT por parte de GR y RHAT.
2	El Registro de Recursos Humanos no incluye a todo el personal de la empresa. No existe la evidencia de la Formación en algunos registros. No hay evidencia de haber aplicado Evaluaciones de Desempeño (en concordancia con el PORHAT). No hay evidencia para demostrar la Experiencia mencionada.
3	No están claramente identificada la Logística, dentro del Plan de Capacitación.

El proceso *Bienes Servicios e Infraestructura*, tiene 6 indicadores en el Nivel 1. La Tabla 6.6 muestra los hallazgos detectados para tres indicadores, los cuales se califican con 0, 67 y 70 respectivamente. El promedio de calificaciones de los indicadores es de 72.8 ($[3*100 + 67 + 70]/6$). De esta manera, la calificación para el AP 1.1 de este proceso es: **Consideradamente logrado - L.**

Tabla 6.6 Hallazgos para Bienes Servicios e Infraestructura.

No.	HALLAZGO
1	No existe evidencia de la revisión del POBSI por parte de GR y BSI.
2	No se identifica claramente quienes son los Proveedores en el Plan de Mantenimiento.
3	En el Registro de Bienes y servicios no se documenta el precio, período de servicio, fecha de adquisición, y vida útil del bien. No hay evidencia de que la evaluación de la satisfacción se realice por el usuario del bien o servicio.

El proceso *Conocimiento de la Organización*, tiene 3 indicadores en el Nivel 1. La Tabla 6.7 muestra los hallazgos detectados para dos indicadores, los cuales se califican con 80 y 70 respectivamente. El promedio de calificaciones de los indicadores es de 83.3 ($(100 + 80 + 70)/3$). Así, la calificación obtenida para el AP 1.1 de este proceso es: **Consideradamente logrado - L**.

Tabla 6.7 Hallazgos para Conocimiento de la Organización.

No.	HALLAZGO
1	En el POCO, Los usuarios de los procesos solamente están identificados por su nombre propio, sin apellidos. No están definidos los mecanismos de Verificación y de Validación.
2	No se tiene documentado el Metamodelo en la Base de Conocimiento.

El proceso *Administración de Proyectos Específicos*, tiene 12 indicadores en el Nivel 1. La Tabla 6.8 muestra el hallazgo detectado para uno de los indicadores, el cual se califica con 80. El promedio de calificaciones de los indicadores es de 98.3 ($(11*100 + 80)/12$). La calificación para el AP 1.1 de este proceso es: **Completamente logrado - F**.

Tabla 6.8 Hallazgos para Administración de Proyectos Específicos.

No.	HALLAZGO
1	No se tienen claramente identificados los materiales, equipo y herramientas necesarias en el Plan de Adquisiciones y Capacitación.

El proceso *Desarrollo y Mantenimiento de Software*, tiene 15 indicadores en el Nivel 1. La Tabla 6.9 muestra los hallazgos detectados para dos indicadores, los cuales se califican con 90 y 55 respectivamente. El promedio de calificaciones de los indicadores es de 96.3 ($(13*100 + 90 + 55)/15$). Así, la calificación obtenida para el AP 1.1 de este proceso es: **Completamente logrado - F**.

Tabla 6.9 Hallazgos para Desarrollo y Mantenimiento de Software.

No.	HALLAZGO
1	En la Especificación de Requisitos, no están claramente definidos los requisitos de mantenimiento.
2	No se documenta en el Manual de Operación, los aspectos de la Instalación, y algunos aspectos del ambiente de operación.

Los resultados obtenidos al terminar la evaluación, para cada uno de los nueve procesos en el alcance de la evaluación, se muestra en la Tabla 6.10. El nivel obtenido por cada proceso se calcula tomando en cuenta lo establecido por el marco de medición de la NMX-I-006-NYCE (véase Tabla 3.4). El evaluador ubica manualmente el nivel de capacidad de cada proceso.

De acuerdo con el nivel de capacidad de los procesos evaluados, se obtiene el siguiente nivel de madurez de capacidades (véase sección 4.2.2.3): **Nivel 1: Proceso Realizado.**

Tabla 6.10 El perfil de capacidad de procesos obtenido.

PROCESO	CALIFICACIÓN AP 1.1	NIVEL OBTENIDO
GN (Gestión de Negocio)	Completamente logrado	1
GPR (Gestión de Procesos)	Completamente logrado	1
GPY (Gestión de Proyectos)	Completamente logrado	1
GR (Gestión de Recursos)	Completamente logrado	1
RHAT (Recursos Humanos y Ambiente de Trabajo)	Consideradamente logrado	1

BSI (Bienes, Servicios e Infraestructura)	Consideradamente logrado	1
CO (Conocimiento de la Organización)	Consideradamente logrado	1
APE (Administración de Proyectos Específicos)	Completamente logrado	1
DMS (Desarrollo y Mantenimiento de Software)	Completamente logrado	1

6.2.1.2 Acceso a la aplicación

La herramienta de evaluación (sistema SEVAL59), autentifica al evaluador antes de permitirle el acceso, para lo cual, solicita *Nombre de usuario* y *Contraseña* (véase Figura 6.3).



Figura 6.3 Autenticación del usuario - Sistema SEVAL59.

6.2.1.3 Selección del tipo de evaluación

El evaluador elige entre comenzar una nueva evaluación o abrir un archivo de evaluación existente (véase Figura 6.4).



Figura 6.4 Selección de una evaluación nueva - Sistema SEVAL59.

6.2.1.4 Datos de la organización y participantes

Como información de entrada se usarán datos ficticios.

- a) Se capturan la razón social, el área o unidad a ser evaluada y la dirección de la organización (véase Figura 6.5). Para este ejemplo, se usará como nombre ficticio: “Empresa de Sistemas Informáticos S. A.”.
- b) Se captura la información del representante o contacto en la organización (véase Figura 6.6).
- c) Se captura el propósito de la evaluación, y se define el alcance de la misma, seleccionando los procesos que se evaluarán y el nivel máximo para evaluarlos. Se elige evaluar todos los procesos a Nivel 1 (véase Figura 6.7).
- d) Como información adicional sobre el enfoque de la evaluación, pueden capturarse aspectos sobre el método, el contexto, los riesgos y la confidencialidad (véase Figura 6.8).
- e) También se ingresan al sistema los datos del equipo evaluador (véase Figura 6.9).
- f) Finalmente, se puede capturar el nombre, el puesto y el rol de las personas que se entrevistarán a lo largo de la evaluación (véase Figura 6.10).

Figura 6.5 Datos de la organización - Sistema SEVAL59.

Figura 6.6 Datos del representante - Sistema SEVAL59.

Evaluación

Propósito: OBTENER EL PERFIL DE LOS PROCESOS Y EL NIVEL DE MADUREZ DE CAPACIDADES DE LA ORGANIZACIÓN

Fecha de inicio: 01/01/2009

Fecha de término: 01/01/2009

Procesos a evaluar:

GN GPR GPY GR RHAT BSI CO APE DMS

Nivel máximo a evaluar: 1

Figura 6.7 Alcance de la evaluación - Sistema SEVAL59.

Enfoque de la evaluación

Método

Contexto

Riesgos y otras restricciones

Confidencialidad: SE FIRMA ACUERDO DE CONFIDENCIALIDAD PREVIO AL INICIO DE LA EVALUACIÓN.

Figura 6.8 Enfoque de la evaluación - Sistema SEVAL59.

Datos de la Organización - SEVAL59

Ver datos de la Evaluación

Información General | Participantes

Evaluador competente

Nombre: ILICH ABDELCADIR JASSO MARTÍNEZ Empresa: CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN COMPUTACIÓN

Teléfono: 5544332211 Correo electrónico: jassob05@saqitario.cic.ipn.mx

Evaluador 1: ALBERTO RAMIREZ

Evaluador 2:

Evaluador 3:

Evaluador de entrenamiento 1:

Evaluador de entrenamiento 2:

Figura 6.9 Datos del equipo evaluador - Sistema SEVAL59.

Participantes en la evaluación		
Nombre	Rol	Puesto en la organización
JUAN PÉREZ	RGN-RGPY	DIRECTOR GENERAL
LUIS PÉREZ	RGR	CONTRALOR GENERAL
MARIA PÉREZ	RGP	RESPONSABLE DE GESTIÓN DE PROCESOS
ROSA HERRERA	RRHAT-RBSI	JEFA DE RECURSOS HUMANOS
MARIO SUÁREZ	RCO-RAPE	LÍDER DE PROYECTOS
GABRIEL REYES	RDMS	PROGRAMADOR SENIOR

Figura 6.10 Participantes en la evaluación - Sistema SEVAL59.

6.2.1.5 Evaluación de los procesos

En la ventana de datos de la evaluación, el evaluador elige el proceso y el nivel que desea evaluar. La selección del proceso y nivel se hace en el árbol de selección de procesos y en la lista de selección de niveles ubicados en la parte izquierda de la ventana de evaluación. En base a la selección que haga, la parte derecha de la ventana mostrará los indicadores de la evaluación (véase Figura 6.11).

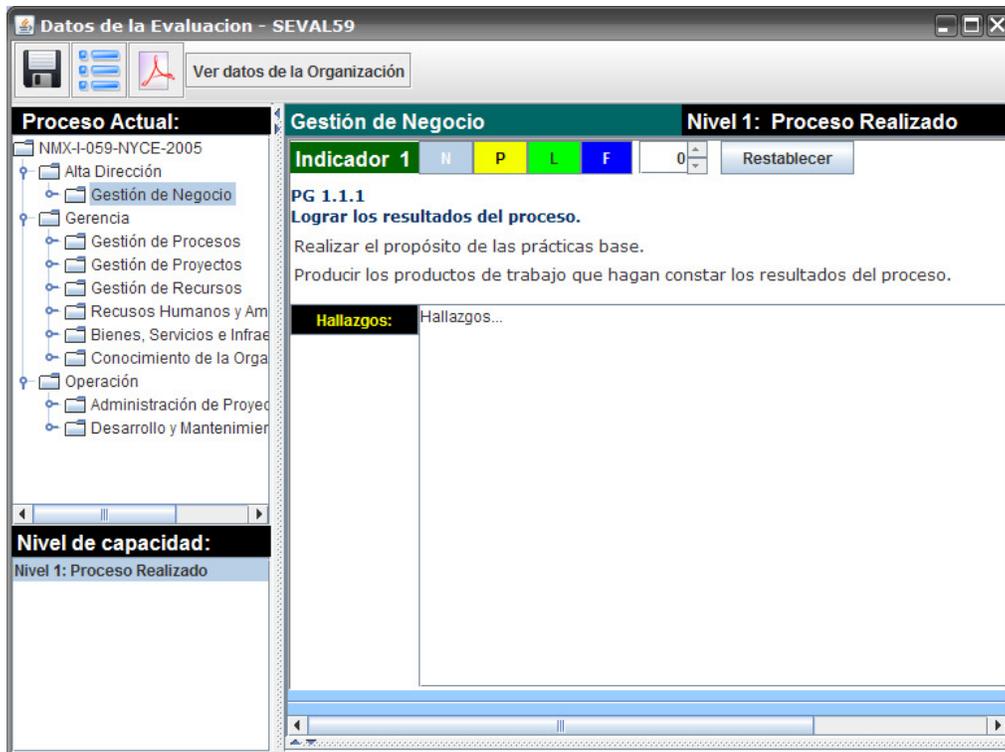


Figura 6.11 Los indicadores de la evaluación - Sistema SEVAL59.

Los indicadores de capacidad se muestran al seleccionar un proceso. Los indicadores de desempeño se muestran al seleccionar una actividad dentro de un proceso (véase Figura 6.12).



Figura 6.12 Indicadores de desempeño - Sistema SEVAL59.

Durante una evaluación, se detectan un conjunto de hallazgos en los indicadores de cada proceso. Los hallazgos implican un demérito en la calificación que se asigna a un indicador de la evaluación. El resto de los indicadores se consideran como completos (100% de cumplimiento).

Los hallazgos y calificaciones contenidos en la sección 6.2.1.1, deben introducirse en la herramienta al calificar los indicadores correspondientes. Para el proceso **Gestión de Negocio**, el hallazgo que debe capturarse puede verse en la Tabla 6.1. La Figura 6.13 muestra la forma de calificar el indicador con el hallazgo mencionado (indicador 6). La Figura 6.14 ejemplifica la calificación para los indicadores sin hallazgos (indicador 7).



Figura 6.13 Calificar un indicador con hallazgo - Sistema SEVAL59.



Figura 6.14 Calificar un indicador sin hallazgo - Sistema SEVAL59.

Se realiza el mismo procedimiento con los demás indicadores de evaluación del proceso. Posteriormente, el evaluador selecciona el nodo del proceso para calificar los indicadores de capacidad (véase Figura 6.15). Con esto se concluye la evaluación del proceso.

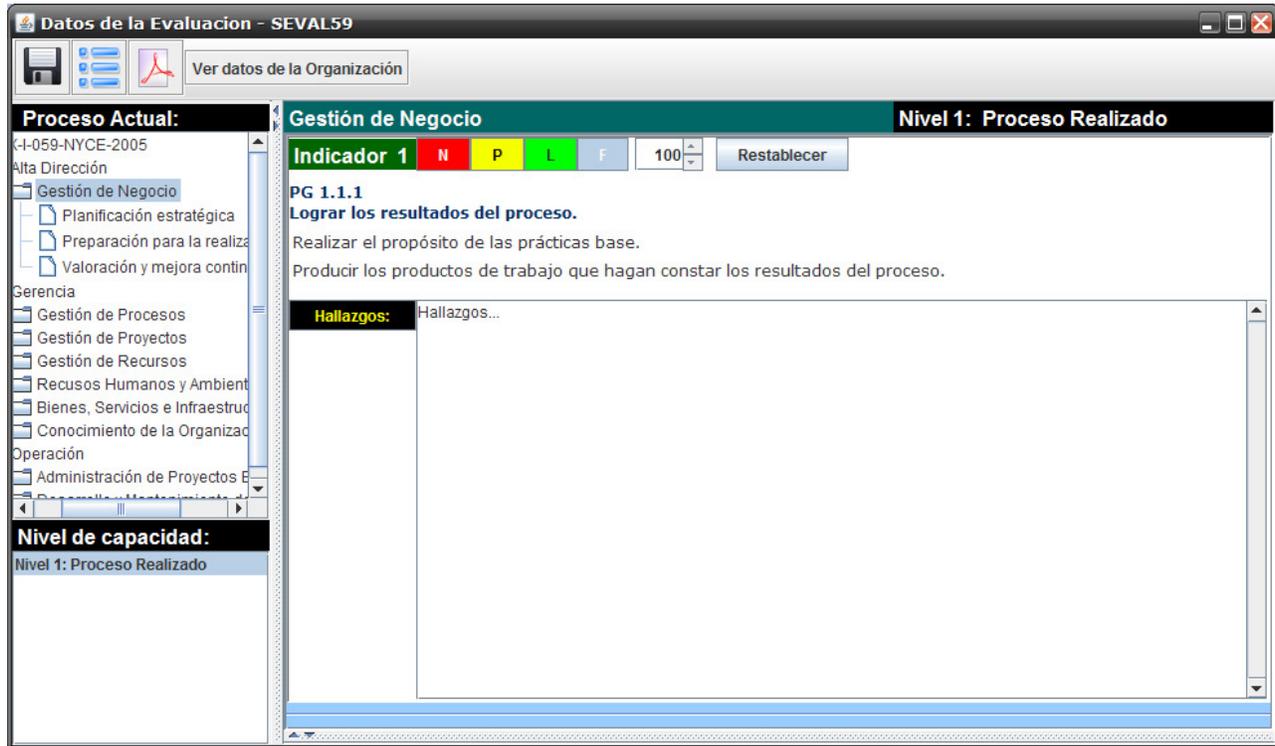


Figura 6.15 Calificar los indicadores de capacidad - Sistema SEVAL59.

Las Tablas 6.2 a 6.9 (de la sección 6.2.1.1) muestran los hallazgos de los otros procesos que se evaluarán. La forma de usar la herramienta para calificar los indicadores de estos procesos es similar a lo mostrado para el proceso Gestión de Negocio.

6.2.1.6 El Listado de Hallazgos

Una vez que se han evaluado todos los procesos seleccionados, al máximo nivel de capacidad definido en el alcance de la evaluación, el evaluador indica a la herramienta que genere el Listado de Hallazgos, para lo cual, la herramienta solicita la carpeta y el nombre del archivo PDF que será generado (véanse Figuras 6.16 y 6.17).



Figura 6.16 Generar Listado de Hallazgos - Sistema SEVAL59.

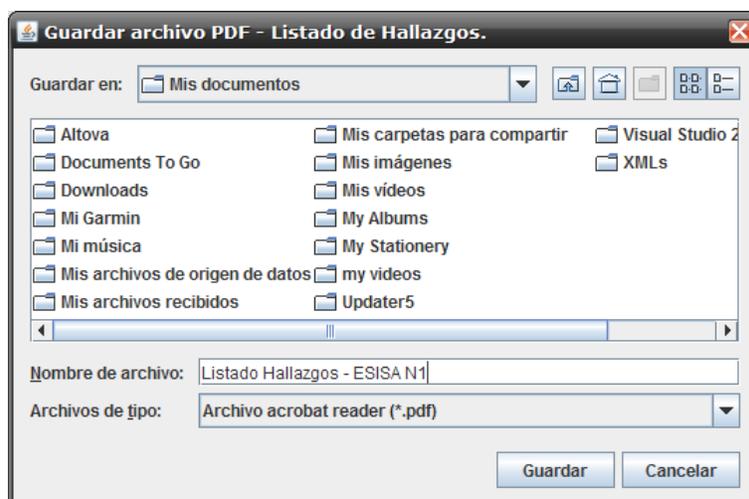


Figura 6.17 Guardar el Listado de Hallazgos - Sistema SEVAL59.

La información contenida en el listado de hallazgos se deriva de los datos que fueron capturados durante la evaluación de los procesos. La herramienta genera automáticamente el listado.

El Listado de Hallazgos de la evaluación completo se incluye en el Apéndice D de esta tesis.

6.2.1.7 El Reporte Final

Cuando la evaluación está por concluir y se desea obtener los resultados, el evaluador solicita al sistema la generación del Reporte Final (véase Figura 6.18). El sistema informa que la evaluación será cerrada y solicita la confirmación (véase Figura 6.19). Posteriormente solicita la carpeta y el nombre del archivo PDF que será generado (véase Figura 6.20).

La información contenida en el reporte, incluye los datos de la organización, el perfil de capacidad de los procesos evaluados expresado gráficamente (véase Figura 6.21), el nivel de capacidad alcanzado por cada proceso (véase Figura 6.22) y en nivel de madurez de capacidades de la organización (véase Figura 6.23), que en este caso fue "Nivel 1: Proceso Realizado". Esta información se calcula de manera automática (sin intervención del evaluador).

El Reporte Final de la evaluación completo se incluye en el Apéndice D de esta tesis.

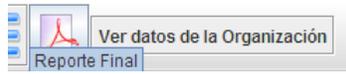


Figura 6.18 *Generar Reporte Final - Sistema SEVAL59.*

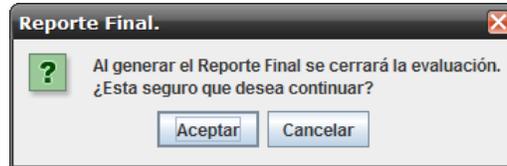


Figura 6.19 *Confirmar cierre de la evaluación - Sistema SEVAL59.*

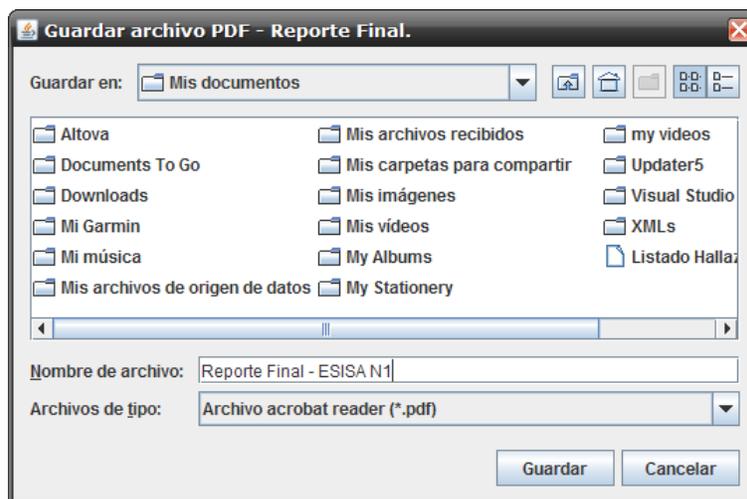


Figura 6.20 *Guardar el Reporte Final - Sistema SEVAL59.*

GRÁFICA 1: PERFILES DE LOS PROCESOS.

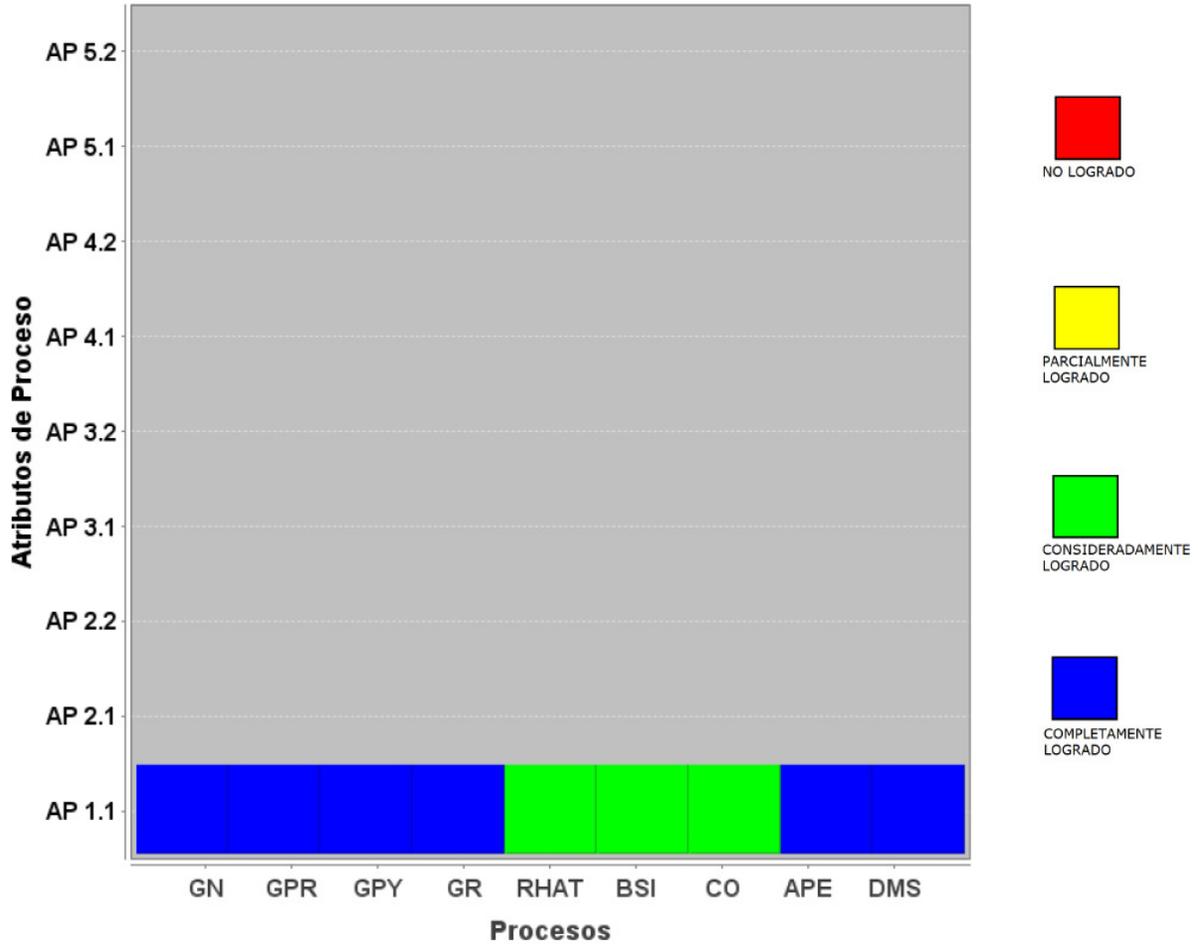


Figura 6.21 Gráfica de Perfiles de los Procesos - Sistema SEVAL59.

GRÁFICA 2: NIVELES DE CAPACIDAD DE LOS PROCESOS.

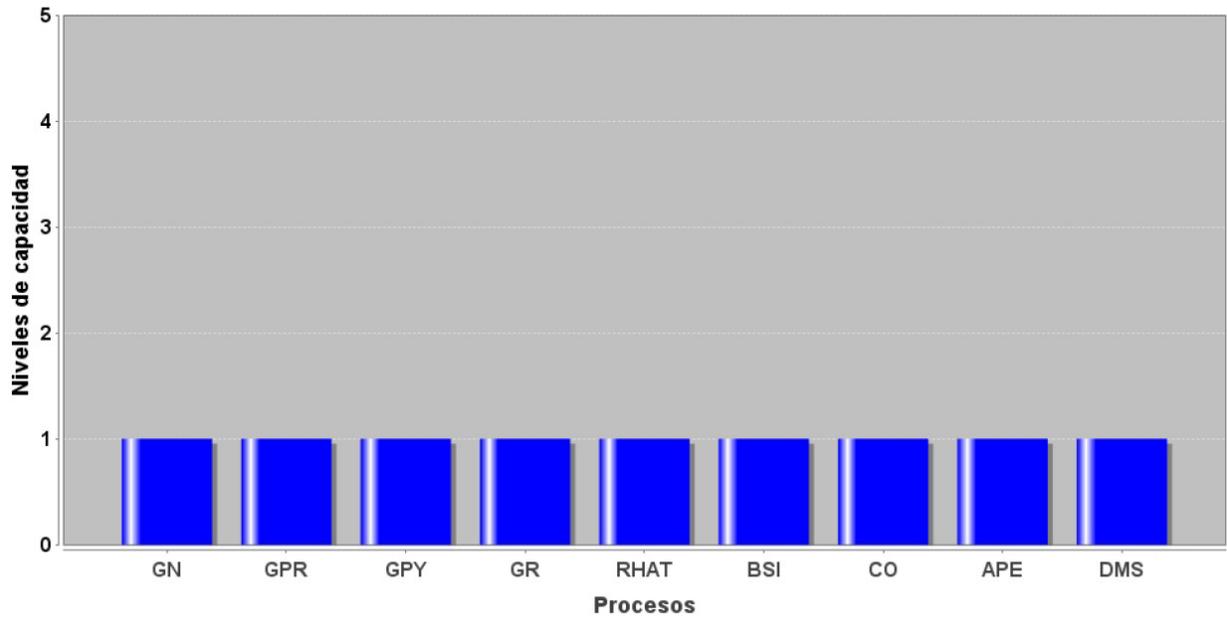


Figura 6.22 Gráfica de Niveles de Capacidad de los Procesos - Sistema SEVAL59.

DURANTE LA EJECUCIÓN DE LA EVALUACIÓN SE REVISARON LOS SIGUIENTES ELEMENTOS DE LA NORMA MEXICANA NMX-I-059/02-NYCE-2005 Y SE OBTUVIERON LOS SIGUIENTES RESULTADOS:

Proceso	AP 1.1	AP 2.1	AP 2.2	AP 3.1	AP 3.2	AP 4.1	AP 4.2	AP 5.1	AP 5.2	Nivel Alcanzado
GN	Completamente Logrado	N/A	Nivel 1							
GPR	Completamente Logrado	N/A	Nivel 1							
GPY	Completamente Logrado	N/A	Nivel 1							
GR	Completamente Logrado	N/A	Nivel 1							
RHAT	Consideradamente Logrado	N/A	Nivel 1							
BSI	Consideradamente Logrado	N/A	Nivel 1							
CO	Consideradamente Logrado	N/A	Nivel 1							
APE	Completamente Logrado	N/A	Nivel 1							
DMS	Completamente Logrado	N/A	Nivel 1							
Nivel de Madurez de Capacidades de la Organización (GLOBAL)										Nivel 1

Figura 6.23 Tabla de resultados de la evaluación - Sistema SEVAL59.

Como puede observarse, los resultados generados por la herramienta de evaluación coinciden con los resultados que se obtuvieron en la sección 6.2.1.1, en la cual se describió la forma de realizar los cálculos de manera manual.

6.3 Otros ejemplos

En esta sección se muestran otros ejemplos de los resultados que genera el sistema SEVAL59, con la finalidad de clarificar cuales son los alcances del mismo al usarlo en la evaluación de procesos de desarrollo de software.

La forma en que se alimentan los datos de la evaluación es similar a lo mostrado en la sección 6.2, por lo que solamente se describirán los resultados obtenidos. Para mayor información sobre el uso de la herramienta se incluye un Manual de Usuario en el Apéndice C de esta Tesis.

a) En primer lugar se muestra un caso en que el alcance de la evaluación se define para evaluar a nivel 2, solamente los procesos Gestión de Negocio, Gestión de Recursos y Conocimiento de la Organización. El sistema SEVAL59 permite ajustar el alcance para cumplir con esta evaluación (véase Figura 6.24).

Figura 6.24 Definiendo el alcance de la evaluación para tres procesos - Sistema SEVAL59.

Figura 6.25 La ventana de evaluación para tres procesos a Nivel 2 - Sistema SEVAL59.

El alcance definido, se ve reflejado en la ventana de evaluación, tanto en el árbol de selección de procesos, como en la lista de selección de niveles y en el área de los indicadores de la evaluación (véase Figura 6.25).

Después de calificar los indicadores de los tres procesos a nivel 1 y 2, se genera el Reporte Final, que contiene los resultados de la evaluación. En este caso los procesos Gestión de Negocio y Gestión de Recursos alcanzaron el Nivel de Capacidad 2, mientras que el proceso Conocimiento de la Organización alcanzó el Nivel 0.

DURANTE LA EJECUCIÓN DE LA EVALUACIÓN SE REVISARON LOS SIGUIENTES ELEMENTOS DE LA NORMA MEXICANA NMX-I-059/02-NYCE-2005 Y SE OBTUVIERON LOS SIGUIENTES RESULTADOS:

Proceso	AP 1.1	AP 2.1	AP 2.2	AP 3.1	AP 3.2	AP 4.1	AP 4.2	AP 5.1	AP 5.2	Nivel Alcanzado
GN	Completamente Logrado	Completamente Logrado	Consideradamente Logrado	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	Nivel 2
GPR	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	Nivel 0
GPY	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	Nivel 0
GR	Completamente Logrado	Consideradamente Logrado	Completamente Logrado	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	Nivel 2
RHAT	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	Nivel 0
BSI	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	Nivel 0
CO	Parcialmente Logrado	Consideradamente Logrado	Consideradamente Logrado	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	Nivel 0
APE	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	Nivel 0
DMS	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	Nivel 0
Nivel de Madurez de Capacidades de la Organización (GLOBAL)										Nivel 0

Figura 6.26 Resultados de la evaluación a tres procesos - Sistema SEVAL59.

La Figura 6.26, muestra la tabla que concentra los resultados de la evaluación dentro del Reporte Final. En ella puede observarse el Perfil de los procesos (incluyendo

únicamente las calificaciones de los atributos de los procesos evaluados hasta el nivel definido) y el Nivel de capacidad alcanzado por cada proceso. Dado que el alcance de la evaluación no incluyó a los nueve procesos que contempla la norma NMX-I-059-NYCE, el Nivel de Madurez de Capacidades de la organización es o (cero) por definición (véase sección 4.2.2.3 de esta Tesis).

De igual manera, las gráficas de Perfiles y Niveles de Capacidad de los procesos (incluidas en el Reporte Final) reflejan el alcance de la evaluación definido al presentar los resultados (véanse Figuras 6.27 y 6.28).

GRÁFICA 1: PERFILES DE LOS PROCESOS.

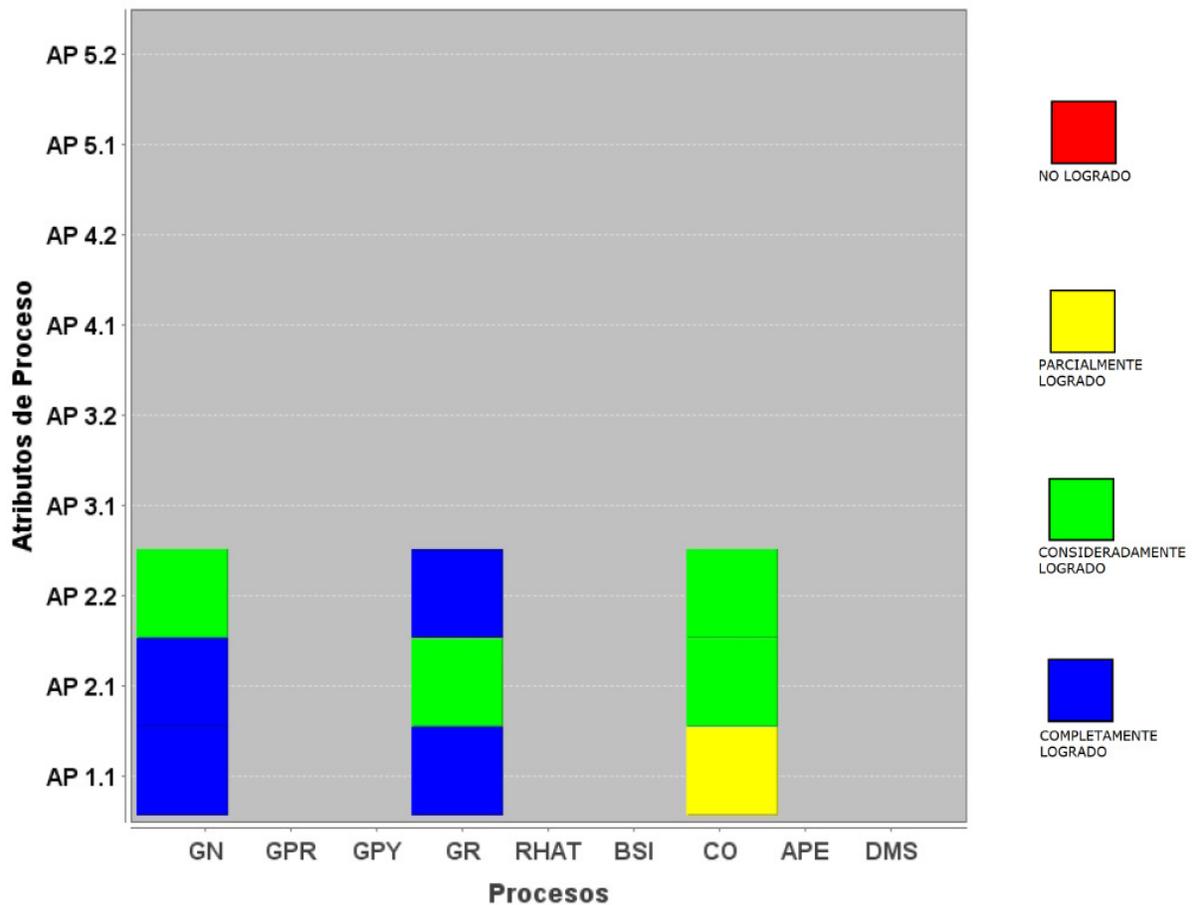
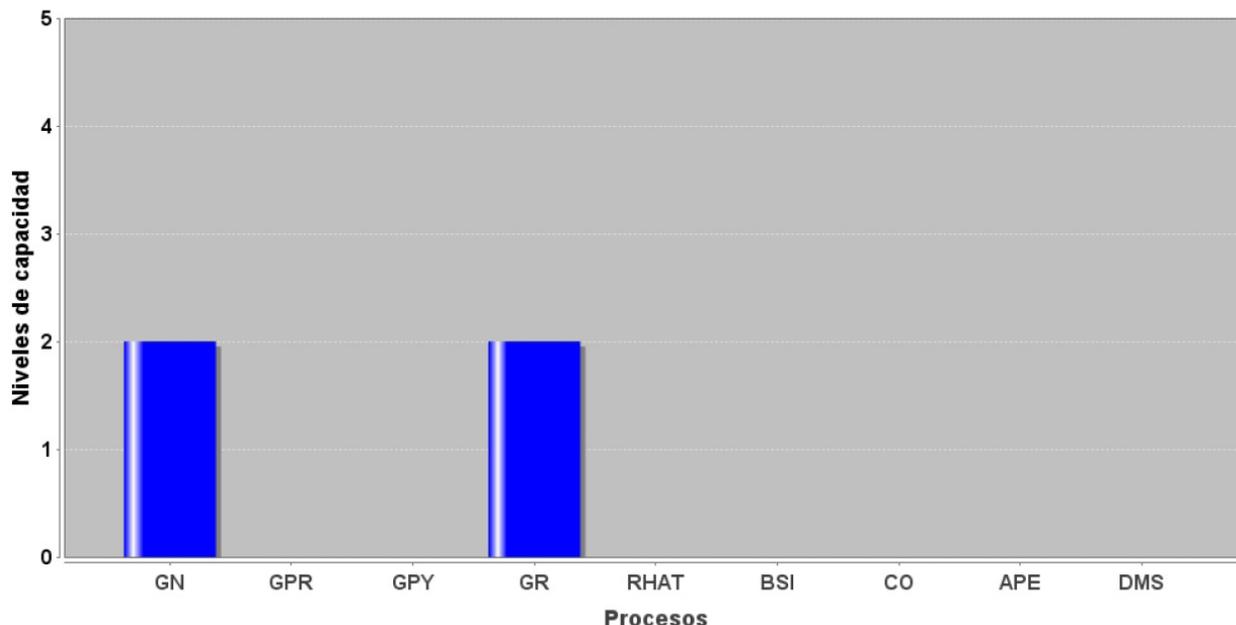


Figura 6.27 Perfiles de tres procesos - Sistema SEVAL59.

GRÁFICA 2: NIVELES DE CAPACIDAD DE LOS PROCESOS.**Figura 6.28 Niveles de capacidad de tres procesos - Sistema SEVAL59.**

b) Se realiza una evaluación de todos los procesos a Nivel 3. Nuevamente se ajusta el alcance de la evaluación en la herramienta (véase Figura 6.29).

Evaluación

Propósito: Obtener el Perfil de los Procesos y el Nivel de Madurez de Capacidades.

Fecha de inicio: 26/06/2009

Fecha de término: 27/06/2009

Procesos a evaluar: GN GPR GPY GR RHAT BSI CO APE DMS

Nivel máximo a evaluar: 1 2 3 4 5

Figura 6.29 Definiendo el alcance de la evaluación a Nivel 3 - Sistema SEVAL59.

En la ventana de evaluación, se califican los indicadores de los nueve procesos hasta nivel 3 (véase Figura 6.30). Posteriormente, se genera el Reporte Final de la evaluación. En la tabla de resultados (véase Figura 6.31) se pueden observar las calificaciones obtenidas para cada Atributo de proceso (Perfiles de proceso) exceptuando a los Atributos de proceso de los Niveles de Capacidad 4 y 5, ya que no están dentro del alcance de la evaluación. También se puede observar el Nivel de capacidad alcanzado por cada uno de los procesos, y en consecuencia el Nivel de Madurez de Capacidades de la organización, que para este ejemplo fue Nivel 2.

Las Figuras 6.32 y 6.33 muestran las gráficas de Perfiles de los procesos y Niveles de Capacidad de los procesos que se generan dentro del Reporte Final. Se puede notar la consistencia existente entre la tabla de resultados y las gráficas generadas.



Figura 6.30 La ventana de evaluación para Nivel 3 - Sistema SEVAL59.

DURANTE LA EJECUCIÓN DE LA EVALUACIÓN SE REVISARON LOS SIGUIENTES ELEMENTOS DE LA NORMA MEXICANA NMX-I-059/02-NYCE-2005 Y SE OBTUVIERON LOS SIGUIENTES RESULTADOS:

Proceso	AP 1.1	AP 2.1	AP 2.2	AP 3.1	AP 3.2	AP 4.1	AP 4.2	AP 5.1	AP 5.2	Nivel Alcanzado
GN	Completamente Logrado	Completamente Logrado	Completamente Logrado	Completamente Logrado	Completamente Logrado	N/A	N/A	N/A	N/A	Nivel 3
GPR	Completamente Logrado	Completamente Logrado	Completamente Logrado	Consideradamente Logrado	Completamente Logrado	N/A	N/A	N/A	N/A	Nivel 3
GPY	Completamente Logrado	Completamente Logrado	Consideradamente Logrado	Completamente Logrado	Completamente Logrado	N/A	N/A	N/A	N/A	Nivel 2
GR	Completamente Logrado	Completamente Logrado	Completamente Logrado	Completamente Logrado	Completamente Logrado	N/A	N/A	N/A	N/A	Nivel 3
RHAT	Completamente Logrado	Completamente Logrado	Completamente Logrado	No Logrado	Parcialmente Logrado	N/A	N/A	N/A	N/A	Nivel 2
BSI	Completamente Logrado	Consideradamente Logrado	Completamente Logrado	Completamente Logrado	Completamente Logrado	N/A	N/A	N/A	N/A	Nivel 2
CO	Completamente Logrado	Completamente Logrado	Completamente Logrado	Completamente Logrado	Completamente Logrado	N/A	N/A	N/A	N/A	Nivel 3
APE	Completamente Logrado	Completamente Logrado	Completamente Logrado	Parcialmente Logrado	Completamente Logrado	N/A	N/A	N/A	N/A	Nivel 2
DMS	Completamente Logrado	Completamente Logrado	Completamente Logrado	No Logrado	Consideradamente Logrado	N/A	N/A	N/A	N/A	Nivel 2
Nivel de Madurez de Capacidades de la Organización (GLOBAL)										Nivel 2

Figura 6.31 Resultados de la evaluación a Nivel 3 - Sistema SEVAL59.

GRÁFICA 1: PERFILES DE LOS PROCESOS.

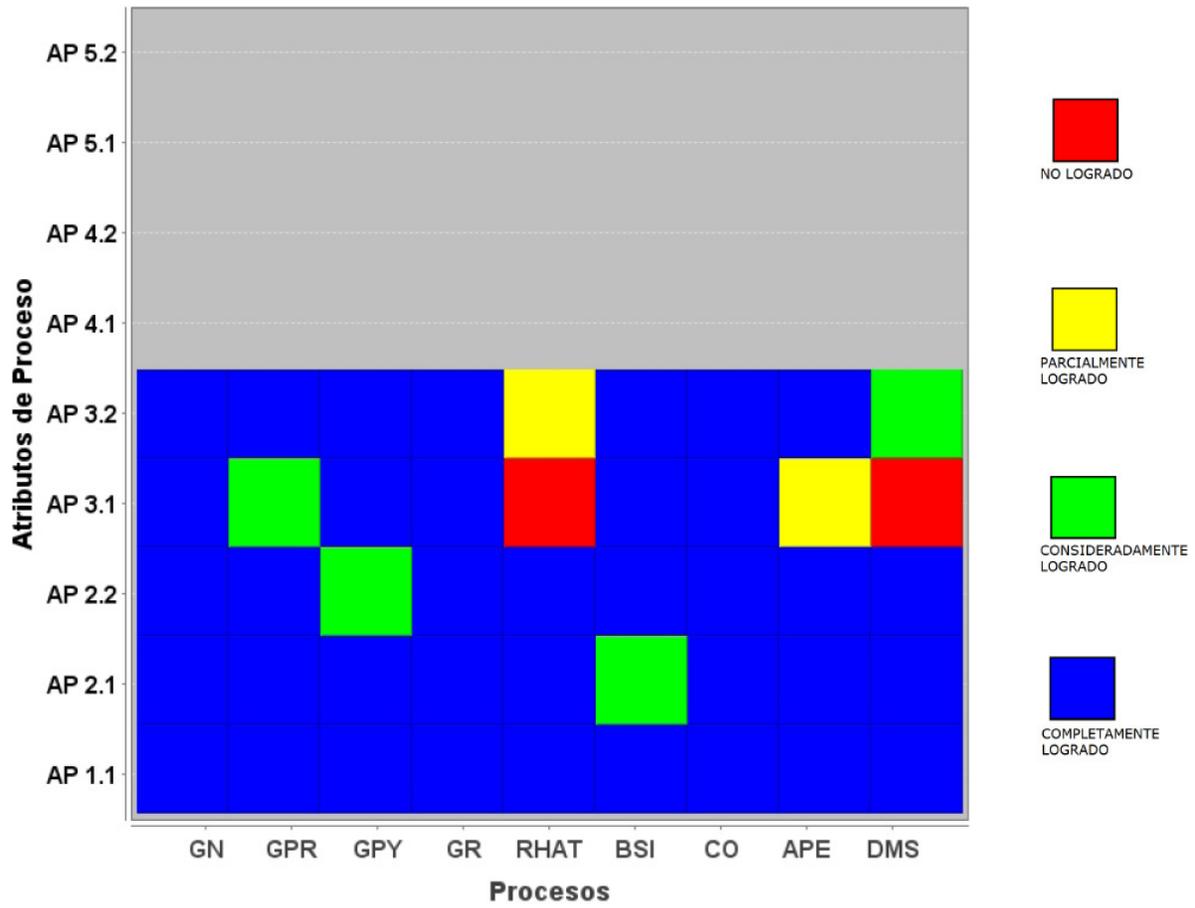


Figura 6.32 Perfiles de procesos a Nivel 3 - Sistema SEVAL59.

GRÁFICA 2: NIVELES DE CAPACIDAD DE LOS PROCESOS.

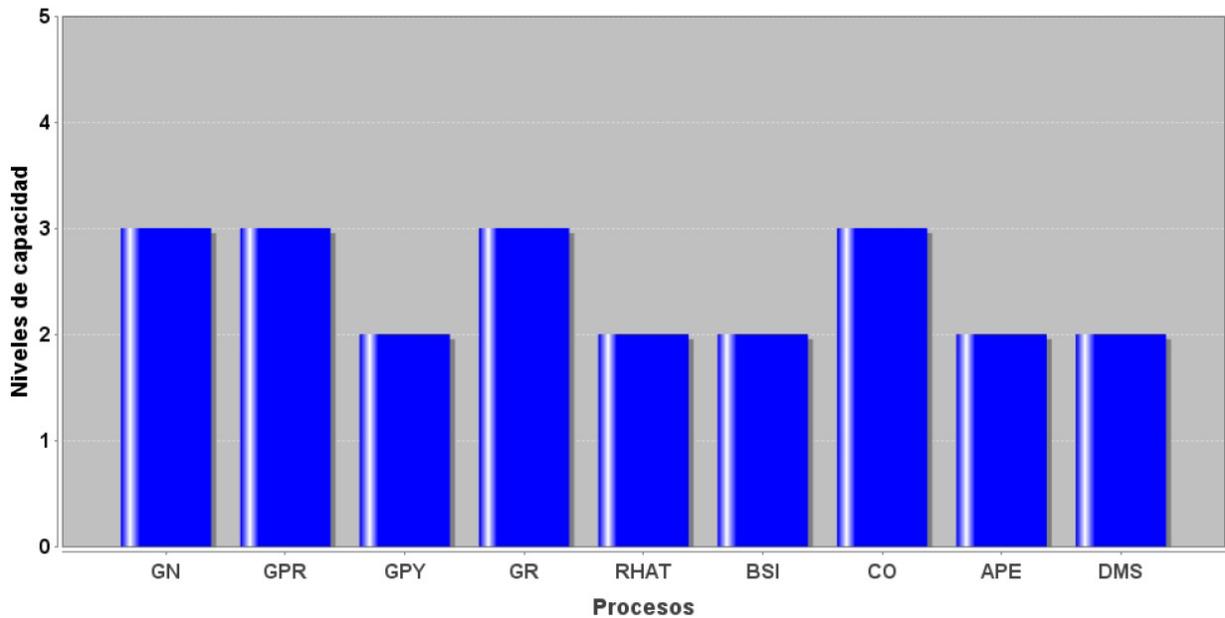


Figura 6.33 Niveles de capacidad a Nivel 3 - Sistema SEVAL59.

c) El último ejemplo de evaluación, incluye los nueve procesos definidos por la NMX-I-059-NYCE a Nivel 5. Este es el máximo alcance que la herramienta puede registrar (véase Figura 6.34).

Evaluación

Propósito: Obtener el Perfil de los Procesos y el Nivel de Madurez de Capacidades de la Organización.

Fecha de inicio: 29/06/2009

Fecha de término: 08/07/2009

Procesos a evaluar: GN GPR GPY GR RHAT BSI CO APE DMS

Nivel máximo a evaluar: 5

Figura 6.34 Definiendo el alcance de la evaluación a Nivel 5 - Sistema SEVAL59.

También en la ventana de evaluación, la lista de selección de niveles y el árbol de selección de procesos se muestran en su máximo alcance (véase Figura 6.35).

Se califican los indicadores de la evaluación y posteriormente, se genera el Reporte Final. La tabla de resultados que se incluye en el Reporte Final puede verse en la Figura 6.36. Los perfiles de procesos determinan el nivel de capacidad alcanzado por cada proceso. Nuevamente los resultados son consistentes. También lo muestran las gráficas generadas (véanse Figuras 6.37 y 6.38).

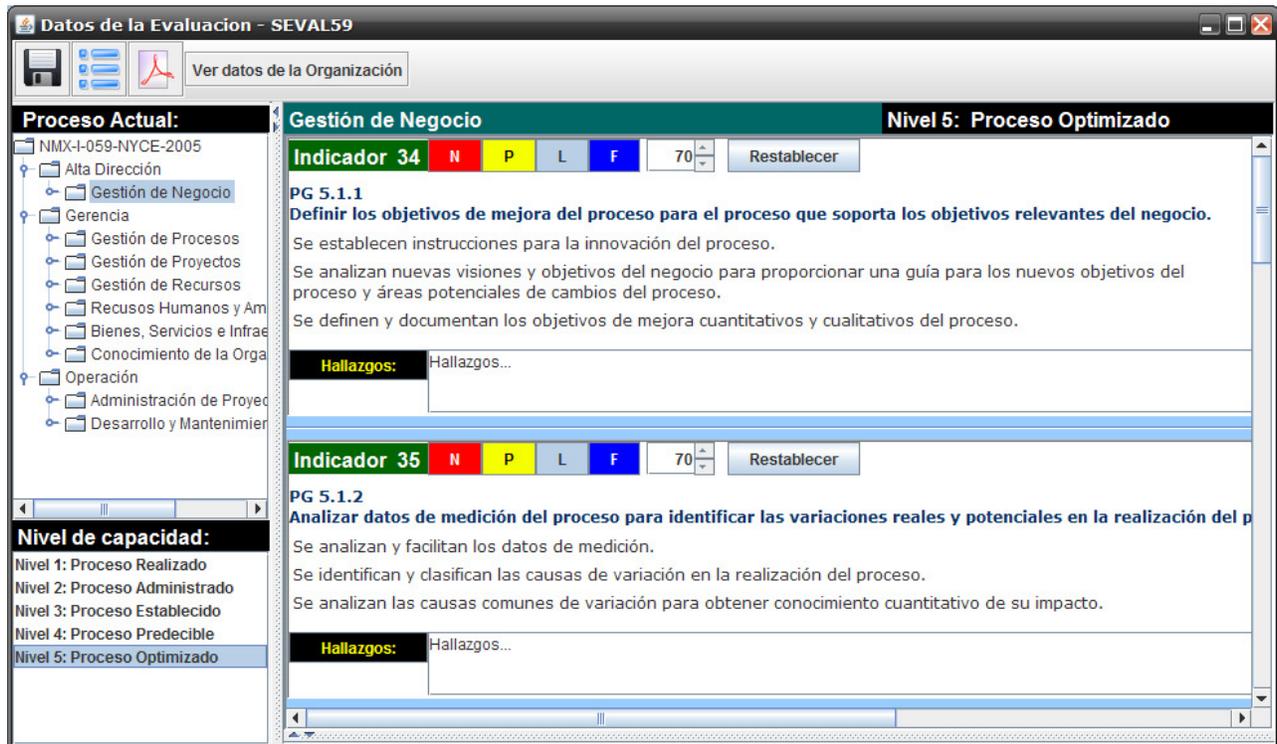


Figura 6.35 La ventana de evaluación para Nivel 5 - Sistema SEVAL59.

DURANTE LA EJECUCIÓN DE LA EVALUACIÓN SE REVISARON LOS SIGUIENTES ELEMENTOS DE LA NORMA MEXICANA NMX-I-059/02-NYCE-2005 Y SE OBTUVIERON LOS SIGUIENTES RESULTADOS:

Proceso	AP 1.1	AP 2.1	AP 2.2	AP 3.1	AP 3.2	AP 4.1	AP 4.2	AP 5.1	AP 5.2	Nivel Alcanzado
GN	Completamente Logrado	Completamente Logrado	Completamente Logrado	Consideradamente Logrado	Completamente Logrado	Nivel 5				
GPR	Completamente Logrado	Completamente Logrado	Completamente Logrado	Completamente Logrado	Parcialmente Logrado	Nivel 4				
GPY	Completamente Logrado	Consideradamente Logrado	Completamente Logrado	Completamente Logrado	Completamente Logrado	Nivel 4				
GR	Completamente Logrado	Completamente Logrado	Completamente Logrado	Parcialmente Logrado	No Logrado	Nivel 4				
RHAT	Completamente Logrado	Completamente Logrado	Completamente Logrado	Completamente Logrado	Completamente Logrado	Nivel 5				
BSI	Completamente Logrado	Completamente Logrado	Completamente Logrado	Completamente Logrado	Consideradamente Logrado	Nivel 5				
CO	Completamente Logrado	Completamente Logrado	Completamente Logrado	Completamente Logrado	Consideradamente Logrado	Completamente Logrado	Completamente Logrado	Completamente Logrado	Completamente Logrado	Nivel 3
APE	Completamente Logrado	Completamente Logrado	Consideradamente Logrado	Completamente Logrado	Completamente Logrado	Nivel 4				
DMS	Completamente Logrado	Completamente Logrado	Completamente Logrado	Parcialmente Logrado	No Logrado	Nivel 4				
Nivel de Madurez de Capacidades de la Organización (GLOBAL)										Nivel 3

Figura 6.36 Resultados de la evaluación a Nivel 5 - Sistema SEVAL59.

GRÁFICA 1: PERFILES DE LOS PROCESOS.

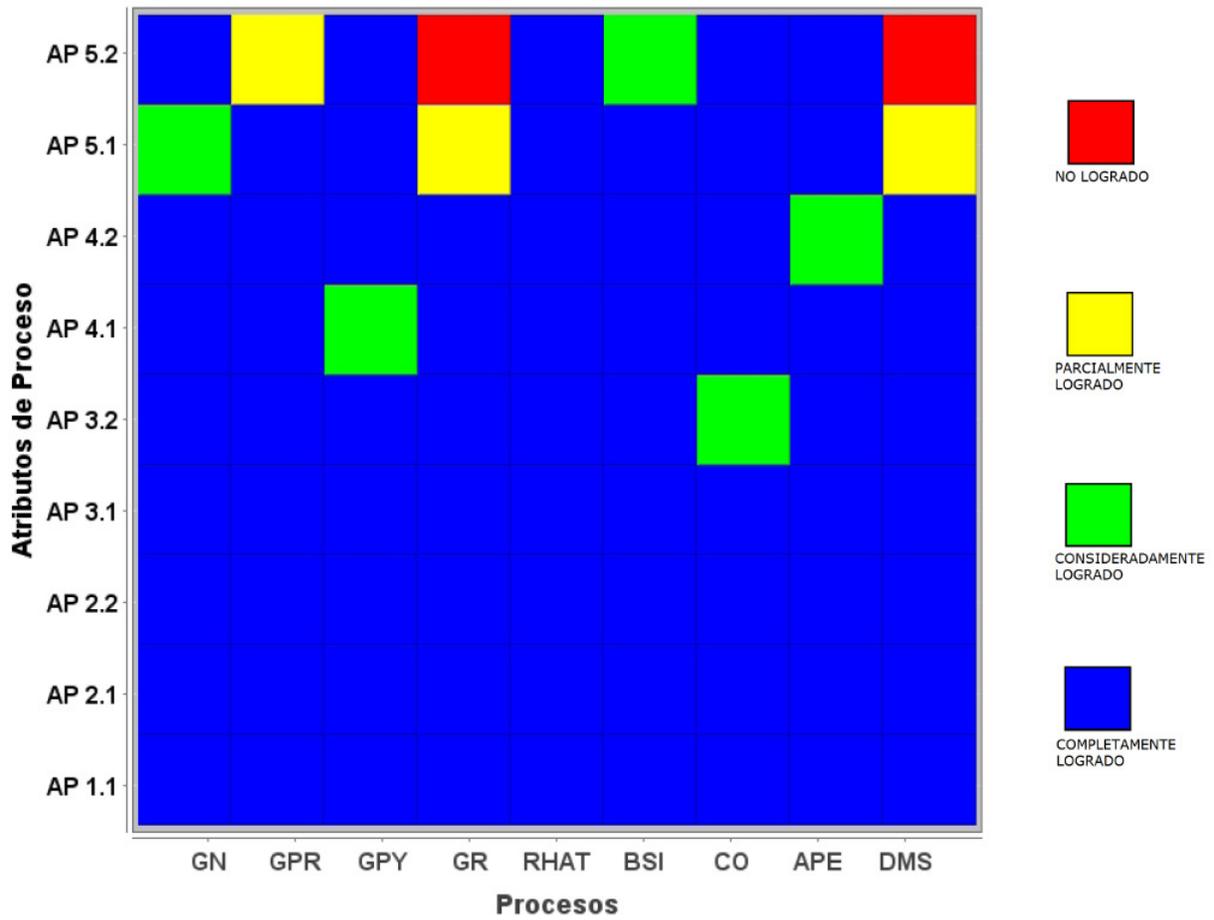


Figura 6.37 Perfiles de procesos a Nivel 5 - Sistema SEVAL59.

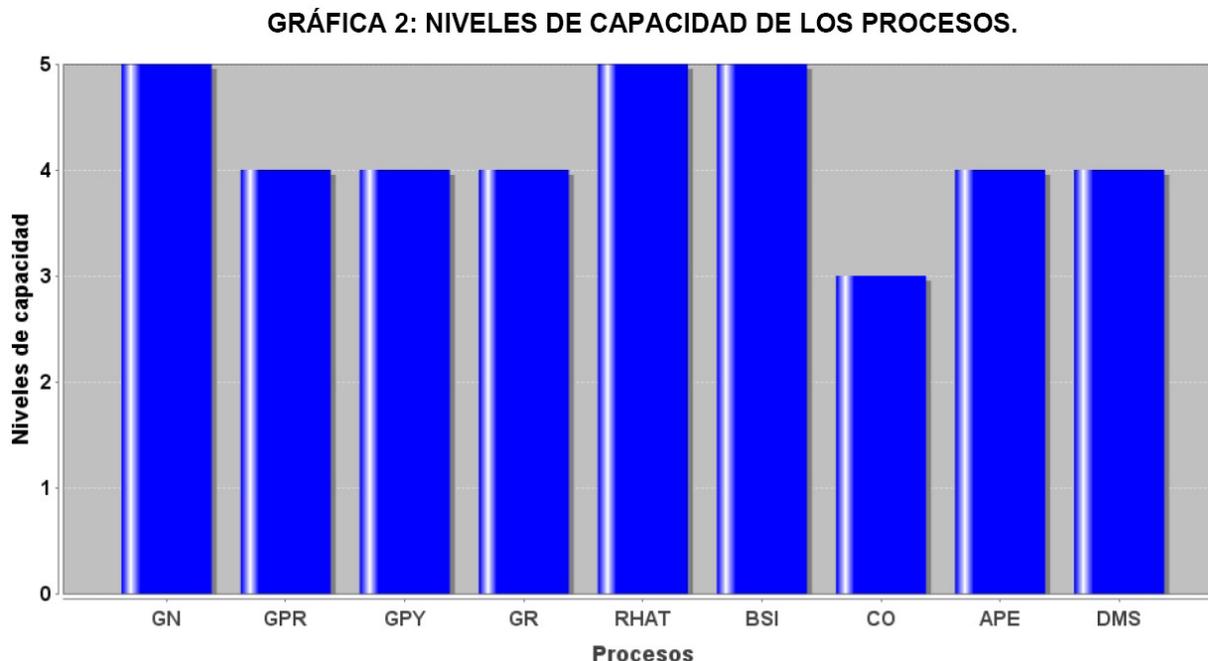


Figura 6.38 Niveles de capacidad a Nivel 5 - Sistema SEVAL59.

6.4 Otras herramientas de evaluación

A nivel internacional, pueden encontrarse algunas herramientas para la evaluación de procesos de software basadas en el estándar internacional ISO 15504 y otros modelos de procesos, aunque ninguna incorpora el modelo MoProSoft o la norma NMX-I-059-NYCE. Es importante analizar las características de algunas de estas herramientas para poder compararlas con el sistema SEVAL59, de forma tal que puedan verse con mayor claridad los beneficios que este último ofrece al realizar una evaluación y en su caso, las desventajas que presenta.

Las herramientas que se revisarán para poder realizar el comparativo con el sistema SEVAL59 son las siguientes:

- a) **Spice 1-2-1 for International Standard.** Desarrollada por HM&S IT-Consulting GMBH (Austria), es una herramienta comercial para auto-evaluaciones de procesos en organizaciones desarrolladoras de software, de acuerdo con el estándar internacional ISO 15504.

La versión “*Personal Solution*” provee la funcionalidad básica, que permite calificar los indicadores de los procesos seleccionados, registrar notas y guardar la información en un archivo para retomarla posteriormente. También genera reportes y gráficas de la evaluación que pueden imprimirse o guardarse como archivos de Word, Excel o PowerPoint. Su costo es de 1,200 €.

Existen otras dos versiones disponibles de Spice 1-2-1: “*Company Solution*” (6,000 €) y “*Corporate Solution*” (12,000 €). Estas versiones incorporan características avanzadas como la mezcla de dos archivos de evaluación en uno solo, plantillas de Word y PowerPoint adaptables, edición de los procesos del modelo y soporte para implantación de los procesos. En estas versiones se ofrece un día de entrenamiento (taller) en el uso de la herramienta.

- b) **Appraisal Assistant.** Desarrollado por el Instituto de Calidad de Software de la Universidad Griffith (Australia). Provee soporte para la realización de evaluaciones de procesos de acuerdo con los requerimientos de ISO 15504 y CMMI (*Capability Maturity Model Integration*, Integración del modelo de Madurez de Capacidades).

Permite usar modelos de procesos definidos por el usuario, así como la selección de los procesos a evaluar, la generación de reportes de la evaluación y guardar la evaluación a un archivo. También permite trabajar en esquemas de equipos pequeños de evaluación para compartir los datos.

Actualmente está disponible en la versión de prueba Beta 3.

- c) **Spice Visión.** Desarrollado por Novotis (Inglaterra). Permite evaluaciones de acuerdo a los modelos definidos en ISO 15504 y Automotive SPICE (para la industria automotriz).

La herramienta se ofrece a la venta en dos versiones: “*Standard*” y “*Professional*”. La versión “*Standard*” permite capturar los datos de entrada y definir el alcance de la evaluación. Así mismo, es posible registrar los hallazgos de la evaluación y calificar los indicadores y atributos de proceso. También genera reportes y gráficas de la evaluación.

Adicionalmente, la versión *Professional*, ofrece la posibilidad de generar un itinerario de la evaluación, editar modelos de procesos nuevos basados en ISO 15504 y mezclar archivos de la evaluación.

El costo de la versión *Standard* es de 1,250 €, mientras que la versión *Professional* se ofrece por 1,950 €.

Se definen cuatro grupos principales de criterios para la comparación: 1) Preparación de la evaluación, 2) Ejecución de la evaluación, 3) Resultados de la evaluación y 4) General (véase Figura 6.39).

Criterio / Característica		Spice 1-2-1 (1)	Appraisal Assistant (2)	Spice Vision (3)	SEVAL59 (4)
Preparación	Registro de información de entrada	SI	SI	SI	SI
	Selección del nivel máximo a evaluar	Para cada proceso	Global	Para cada proceso	Global
	Selección de procesos a evaluar	SI	SI	SI	SI
	Modelos soportados	ISO 15504	ISO 15504, CMMI, Automotive SPICE	ISO 15504, Automotive SPICE	NMX-I-059-NYCE (MoProSoft)
	Creación de modelos definidos por el usuario	Corporate Solution (permite editar y añadir procesos)	SI (basados en ISO 15504)	Professional (basados en ISO 15504)	NO
	Evaluación de NMX-I-059-NYCE	NO	NO	NO	SI
Ejecución	Califica indicadores con porcentaje de cumplimiento o escala N-P-L-F	N-P-L-F	N-P-L-F	N-P-L-F	Ambos
	Permite calificar directamente los atributos de proceso	SI (porcentaje)	SI (N-P-L-F)	SI (N-P-L-F)	NO
	Registra hallazgos para indicadores	SI	SI	SI	SI
	Permite registrar notas de la evaluación	SI	SI	SI	NO
Resultados	Resultados en pantalla	SI	SI	SI	NO
	Listado de Hallazgos	SI (en reporte único de la evaluación)	SI (independiente)	SI (en reporte personalizado de la evaluación)	SI (independiente y en reporte final de la evaluación)
	Perfil de procesos	SI	SI	SI	SI
	Nivel de capacidad de los procesos	SI	SI	SI	SI
	Nivel de Madurez de Capacidades	NO	NO	NO	SI
	Reportes de la evaluación	Word, PowerPoint (requeridos), HTML	Formato RTF	Word (Standard), Excel, PowerPoint (Professional)	Formato PDF
	Gráficas de resultados	SI	SI	SI	SI
	Recomendaciones	NO	NO	Gráficas de nivel de riesgo	NO
General	Guardar archivo de evaluación	SI	SI	SI	SI
	Permite cerrar archivo de la evaluación para evitar modificaciones posteriores	NO	NO	NO	SI
	Permite continuar con evaluación guardada en archivo	SI (siempre)	SI (siempre)	SI (siempre)	SI (antes de cerrar la evaluación)
	Usuarios que pueden visualizar un archivo de evaluación	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Evaluador que generó el archivo, Supervisor
	Idiomas soportados	Inglés, alemán	Inglés	Inglés	Español
	Plataforma/Sistema operativo	PC/MS Windows	PC/MS Windows	PC/MS Windows	Multiplataforma

Figura 6.39 Cuadro comparativo de las herramientas de evaluación.

- 1) **Preparación de la evaluación.** Todas las herramientas permiten ingresar la información de entrada de la evaluación (datos de la organización, del equipo evaluador, etc.), seleccionar los procesos y el nivel máximo a evaluar. Aunque es poco común que se realice una evaluación con distinto nivel de alcance para evaluar cada proceso, (1) y (3) permiten hacerlo de esta manera.

Cada herramienta define el modelo o modelos de procesos y evaluación que soporta. Adicionalmente, (1) en su versión *Corporate Solution* permite editar y añadir procesos sobre el modelo que propone ISO 15504. De igual forma, (2) y (3) permiten la creación de nuevos modelos basados en ISO 15504. Esta característica esta ausente en SEVAL59.

Sin embargo, el propósito de la herramienta generada con este trabajo de tesis es la evaluación de la norma NMX-I-059-NYCE, y su modelo de procesos de referencia, MoProSoft. Ninguna de las otras herramientas puede adaptarse para esto, debido a las características propias de MoProSoft, expresadas en la sección 5.1.4 de esta tesis.

- 2) **Ejecución de la evaluación.** La escala de calificación cuatro puntos (definida en la sección 3.2.2) aplica directamente para los atributos de Proceso. Las herramientas (1), (2) y (3) utilizan esta escala para calificar los indicadores de la evaluación. Aunque el enfoque anterior no es técnicamente incorrecto, el sistema SEVAL 59 tiene una clara ventaja debido a que permite calificar un indicador de manera más exacta, aplicando la escala mencionada, y de manera alternativa permitiendo calificar los indicadores en base al porcentaje de cumplimiento de requisitos.

Con respecto a la calificación de los atributos de proceso, de acuerdo a lo que establece el Marco de Medición en ISO 15504 (y en NMX-I-006-NYCE), la calificación de un atributo de proceso no debe realizarse directamente, sino que debe estar basada en las calificaciones de los indicadores de la evaluación (véase sección 3.3).

SEVAL59 respeta este enfoque normativo, impidiendo la calificación directa de los atributos de proceso, a diferencia de las demás herramientas.

Todas las herramientas permiten registrar los hallazgos de la evaluación, aunque SEVAL59 no ofrece la posibilidad de registrar notas adicionales.

- 3) **Resultados de la evaluación.** La herramienta SEVAL59 es la única que no muestra resultados de la evaluación hasta plasmarlos en el reporte final. Esto obedece a la necesidad de evitar que el juicio de un evaluador se vea afectado, al conocer los resultados parciales antes de concluir la evaluación.

Aunque todas las herramientas generan un Listado de hallazgos, solamente (1) y (4) lo hacen de manera independiente, sin plasmar en este reporte los resultados

parciales o definitivos. Esto es necesario para respetar el proceso normativo de corroboración (validación) de los datos de la evaluación descrito en las secciones (3.2.1.1 y 5.1.3) de esta tesis.

Las cuatro herramientas generan reportes de los resultados de la evaluación con gráficas incluidas en distintos formatos. En SEVAL59 se usa el formato PDF (Portable Document Format). Las demás utilizan formatos de MS Word, MS Excel MS PowerPoint o MS RTF (Rich Text Format) y en el caso de (1) estos paquetes de software requieren estar instalados en el mismo equipo donde se instale la herramienta.

Solamente (3), genera dentro del reporte final gráficas de nivel de riesgo como complemento a la información de los resultados de la evaluación.

- 4) **General.** Todas las herramientas permiten iniciar una nueva evaluación o abrir una previamente guardada desde un archivo. Sin embargo, el esquema de seguridad que maneja SEVAL59 incluye la característica de cerrar el archivo de la evaluación al momento de concluirla para generar los resultados, lo que impide su modificación posterior. Esta característica pretende fortalecer la objetividad en el criterio de los evaluadores (véase sección 5.2.3).

SEVAL59 impide que la información contenida en un archivo de evaluación pueda ser vista por un evaluador diferente a quien la generó, cuidando con esto la confidencialidad de la información de una organización.

Los idiomas que manejan las distintas herramientas suponen una ventaja para SEVAL59 en su uso y difusión en México. De igual manera, dado que SEVAL59 está desarrollada en Java, puede usarse en distintas plataformas y sistemas operativos.

Para terminar este análisis comparativo, puede concluirse que todas las herramientas para la evaluación cubren los elementos mínimos necesarios para realizar una evaluación de procesos de desarrollo de software, aunque en algunos aspectos SEVAL59 demuestra su estricto apego a los elementos normativos. Cada una de las otras herramientas (por separado) incluye características que pueden ser de utilidad (aunque no indispensables) para realizar una evaluación y que no se ofrecen en el sistema SEVAL59, sin embargo, ninguna de ellas puede sustituirlo para realizar una evaluación de procesos de acuerdo a los requisitos de la norma NMX-I-059-NYCE y su modelo de procesos de referencia, MoProSoft.

6.5 Aportaciones

6.5.1 La herramienta SEVAL59

La principal aportación del trabajo de investigación realizado es la generación de la herramienta para evaluación de procesos SEVAL59.

Ante la ausencia de herramientas informáticas que apoyen la evaluación de procesos de desarrollo de software contra los requisitos establecidos por los estándares mexicanos, SEVAL59 se constituye en la primera alternativa completa, desarrollada específicamente para cubrir ese propósito.

El cumplimiento que SEVAL59 hace de los elementos normativos definidos por las normas mexicanas NMX-I-059-NYCE y NMX-I-006-NYCE está respaldado por una amplia investigación y comprensión de los mismos. Lo anterior ha permitido que SEVAL59 se ajuste completamente al método de evaluación oficial utilizado para la verificación de la conformidad de los requisitos de la norma NMX-I-059-NYCE en las empresas de Tecnologías de la Información mexicanas.

La herramienta puede ser usada tanto en verificaciones oficiales de la norma, como para la autoevaluación en una organización. También puede ser usada como un recurso académico que complemente la formación de profesionales en Ingeniería de Software.

Con el estudio de la normatividad mexicana y la generación posterior de la herramienta SEVAL59, se cumplen totalmente los objetivos y beneficios esperados, planteados para el desarrollo de este trabajo de Tesis. También, se da respuesta total a los requerimientos de funcionalidad expresados en la sección 5.1 de este documento.

6.5.2 El conjunto de indicadores

Otro producto de la investigación realizada es el conjunto de indicadores de evaluación integrado, que asocia los requisitos definidos por la norma NMX-I-059-NYCE para realizar una evaluación.

En la Parte 02 de la norma se incluye un apéndice normativo que lista los Atributos de proceso e indicadores de desempeño (Productos de trabajo y Prácticas base) requeridos para cada proceso en los distintos niveles de capacidad establecidos (véase sección 4.2.2.3).

Se define un conjunto de elementos que cada Producto de trabajo debe contener. Así mismo, se indican las actividades (conjunto de Prácticas base) que deben ser realizadas. Sin embargo, esta última referencia normativa no está expresada con el nivel de detalle suficiente para poder discernir cuales de las Prácticas base que conforman cada una de las actividades realizadas debe ejecutarse para cumplir con el requisito. Para ayudar a clarificar el punto anterior, se analizará el caso de los requisitos establecidos en la norma para el proceso Bienes, Servicios e Infraestructura a Nivel 1 (véase Figura 6.40).

A.9 Proceso: Bienes Servicios e Infraestructura**A.9.1 Productos de trabajo esperados**

BSI.A1.PT1	Plan de Mantenimiento Descripción de las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo de la infraestructura.
-------------------	--

1. Calendario.
2. Responsables.
3. Proveedores.

BSI.A1.PT2	Solicitud de Bienes o Servicios
-------------------	--

1. Características del bien o servicio.
2. Solicitante.
3. Fecha de solicitud.
4. Fecha de entrega.
5. Fecha de recepción.

BSI.A2.PT1	Registro de Bienes o Servicios
-------------------	---------------------------------------

1. Datos generales.
2. Bienes o servicios proporcionados.
3. Evaluación de la satisfacción.

A.9.2 Prácticas base esperadas

BSI.A1	Preparación
BSI.A2	Instrumentación

Figura 6.40 Requisitos establecidos para el proceso BSI a Nivel 1.

Se pueden observar tres productos de trabajo requeridos y los elementos que deben contener cada uno de ellos. Sin embargo, al ver las Prácticas base esperadas, solamente se mencionan de manera general las actividades del proceso: Preparación e Instrumentación.

Esta situación puede generar confusión cuando no se conoce la norma a profundidad, ya que en la forma que se presentan los requisitos, parecería que es necesario (como requisito) realizar totalmente las Prácticas base que se incluyen en las actividades listadas. Esta percepción es incorrecta como se explica a continuación.

4.5.5 Actividades

A1. (O1, O2) Preparación

Entradas: *Plan Operativo de Bienes, Servicios e Infraestructura, Acciones Correctivas.*

Actividad: Se realizan las siguientes tareas:

- a) revisión del *Plan Operativo de Bienes, Servicios e Infraestructura* y de las *Acciones Correctivas*;
- b) definición de criterios para:
 - i) selección y aceptación de los bienes y servicios;
 - ii) evaluación de los proveedores;
- c) elaboración del *Plan de Mantenimiento* con base en el *Plan Operativo de Bienes, Servicios e Infraestructura* y en las *Acciones Correctivas*;
- d) validación del *Plan de Mantenimiento* y la generación del *Reporte de Validación*;
- e) obtención de la *Solicitud de Bienes o Servicios* a partir del *Plan Operativo de Bienes, Servicios e Infraestructura* y del *Plan de Mantenimiento*.

Salidas: *Plan de Mantenimiento, Reporte de Validación, Solicitud de Bienes o Servicios.*

Figura 6.41 La actividad Preparación del proceso BSI.

La Figura 6.41 muestra el conjunto de Prácticas base de la actividad Preparación del proceso Bienes, Servicios e infraestructura. La ejecución de una Práctica base generalmente está asociada a la generación de un Producto de trabajo. Tomando como ejemplo la Práctica base c) se hace notoria su relación con el Producto de trabajo: **BSI.A1.PT1 Plan de mantenimiento**. De igual manera, la Práctica base e) está relacionada con el Producto de trabajo: **BSI.A1.PT12 Solicitud de Bienes o Servicios**.

Las Prácticas base a) y b), también son requisitos a Nivel 1 para el Proceso BSI. Aunque no están relacionadas directamente con la obtención de un Producto de trabajo, su ejecución es importante, previamente a la realización de las demás Prácticas base del Proceso.

Sin embargo la Práctica base d) no es un requisito de Nivel 1, ya que en general, las validaciones de productos de trabajo y los Reportes de validación se establecen como requisitos hasta el Nivel 2 en todos los procesos. Aquí puede verse que no es necesario realizar todas las Prácticas base de una actividad como requisito de un determinado Nivel de capacidad.

Al revisar las Prácticas base, puede verse claramente que no es suficiente generar el producto de trabajo requerido (por ejemplo *el Plan de Mantenimiento* o la *Solicitud de Bienes o Servicios*) con los elementos indicados, sino que es relevante tomar en cuenta información adicional de otros productos de trabajo, para poder hacerlo correctamente. En este caso, para que los requisitos sean cumplidos correctamente, deben tomarse en

cuenta lo establecido tanto en el *Plan Operativo de Bienes, Servicios e Infraestructura*, como en las *Acciones correctivas*, cuando se elabora el *Plan de Mantenimiento*. De la misma forma, una *Solicitud de Bienes o Servicios* debe generarse con base en la información contenida en el *Plan Operativo de Bienes, Servicios e Infraestructura* y en el *Plan de Mantenimiento*.

Conocer las indicaciones expresadas en las Prácticas base, deriva en una correcta generación de los productos de trabajo. Esto pone de manifiesto la importancia de conocer las asociaciones existentes entre las Prácticas base y los Productos de trabajo requeridos.

Retomando el ejemplo de Plan de Mantenimiento, para su elaboración la Práctica base asociada indica tomar en cuenta un Producto de trabajo llamado **Acciones correctivas**, el cual es un requisito definido para otro proceso (Gestión de Recursos) a Nivel 2. La Práctica base **a)** también se encuentra en el mismo caso. Esto muestra la necesidad de contar con el conocimiento exacto de los requisitos de un nivel de capacidad determinado, no solo a nivel de los productos de trabajo listados en la norma, sino también a nivel de los enunciados con que se describe cada una de las Prácticas base.

Este estudio de asociaciones entre los Productos de trabajo y las Prácticas base tomando en cuenta los niveles de capacidad, generó un conjunto de indicadores integrado inédito, que clarifica el alcance de los mismos para realizar la evaluación de los procesos más exacta, basándose en el correcto entendimiento del modelo de procesos y de los requisitos establecidos en la norma. Este conjunto de indicadores se utiliza en su totalidad en el sistema SEVAL59.

Anteriormente se mostró la forma en que los requisitos se definen en la norma (Figuras 6.40 y 6.41). La forma en que los requisitos se muestran en la herramienta de evaluación como indicadores integrados puede verse en las Figuras 6.42 y 6.43.

Las Prácticas base **a)** y **b)** de la actividad de Preparación en el proceso BSI (indicadores 42 y 43), no se asocian directamente a la generación de ningún producto de trabajo, por lo que el indicador correspondiente contempla únicamente las prácticas. En el caso de **a)**, dado que el Producto de trabajo llamado *Acciones Correctivas* no es un requisito de Nivel 1, se hace la distinción indicando entre corchetes (seguido del número 2) la parte de la práctica que es requisito a un nivel superior, en este caso, Nivel 2. Un evaluador no debería tomar en cuenta esta última parte de la práctica al evaluar el Nivel 1.



Figura 6.42 Indicadores 42 y 43 del proceso BSI - Sistema SEVAL59.

En el caso de los indicadores integrados de los Productos de trabajo (indicadores 43 y 44), la herramienta muestra en primer lugar el Producto de trabajo en cuestión, seguido de la Práctica base asociada. Cuando aplica, se muestra entre corchetes la parte de la práctica que corresponde a otro nivel de la evaluación, como en el indicador 44.

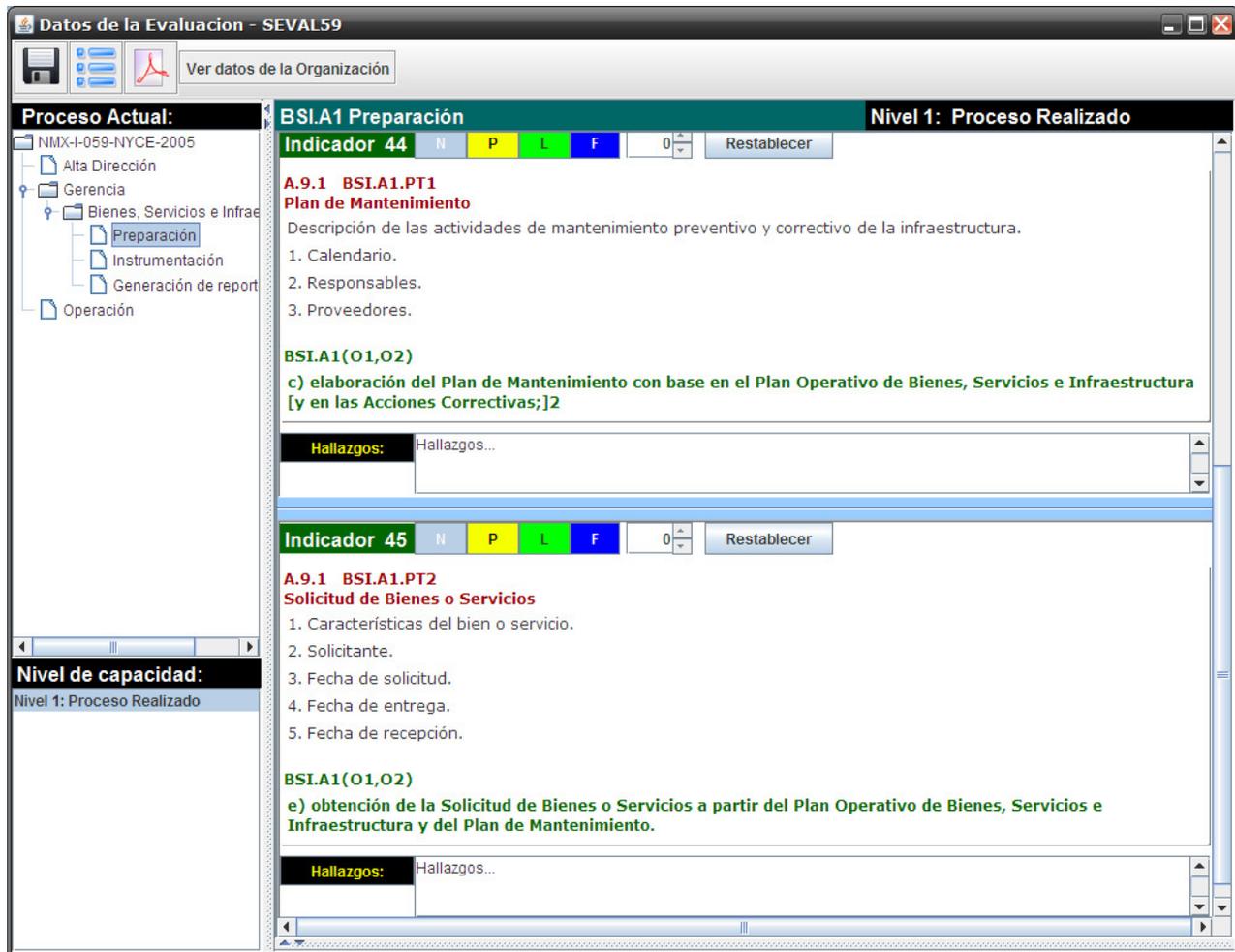


Figura 6.43 Indicadores 44 y 45 del proceso BSI - Sistema SEVAL59.

El conjunto de indicadores de evaluación integrados, estructurado como parte del desarrollo de esta tesis, se utiliza para todos los procesos y para todos los niveles de capacidad dentro del sistema SEVAL59. En total son 283 indicadores de evaluación integrados.

7 CONCLUSIONES

7.1 Conclusiones

La calidad del software puede abordarse desde dos perspectivas principales: la calidad del producto y la calidad del proceso. El enfoque principal para el desarrollo de esta tesis es la calidad en los procesos de desarrollo y mantenimiento de software.

Se estudiaron a fondo los elementos que integran la norma mexicana NMX-I-059-NYCE, la cual lleva por nombre “Modelo de Procesos y Evaluación para Desarrollo y Mantenimiento de Software”. La norma utiliza como modelo de procesos de referencia a MoProSoft (Modelo de Procesos para la Industria de Software), un modelo de procesos de software mexicano, único a nivel mundial y de reciente creación.

En una etapa intermedia, gracias al avance de la investigación realizada, se detectó la necesidad de llevar a cabo un estudio detallado de la norma mexicana NMX-I-006-NYCE, que lleva por nombre “Evaluación de los Procesos” y que está armonizada con el estándar internacional ISO/IEC 15504. Ambas normas se aplican al sector de Tecnologías de la Información y se enfocan en la evaluación de procesos de desarrollo de software.

La generación de MoProSoft, tomó en cuenta algunos aspectos del marco de evaluación definido en el estándar internacional ISO/IEC 15504 y su análogo mexicano, la norma NMX-I-006-NYCE. Sin embargo, tiene una característica particular: el alcance de los procesos que propone MoProSoft va más allá del nivel de capacidad 1. La norma NMX-I-059-NYCE, también heredó esta peculiaridad.

A nivel internacional, existen algunas herramientas informáticas comerciales que se aplican a la evaluación de procesos de software, incluso en consistencia con los requisitos del estándar internacional ISO/IEC 15504. Sin embargo, ninguna de ellas puede utilizarse para la evaluación de la NMX-I-059-NYCE, debido a que esta última está basada en MoProSoft.

Se presentó el análisis y diseño de una herramienta para la evaluación de los procesos de software, de acuerdo con los requisitos establecidos por la norma NMX-I-059-NYCE, vigente en México. Ante la ausencia de herramientas informáticas que apoyen la evaluación de acuerdo con los requisitos establecidos por los estándares mexicanos, se aporta la primera alternativa completa, desarrollada específicamente para cubrir ese propósito.

Se realizaron pruebas al sistema para comprobar su efectividad en la evaluación de los procesos. También se realizó un estudio comparativo entre el sistema SEVAL59 y otras herramientas de evaluación comerciales disponibles actualmente para clarificar sus beneficios y alcances.

La herramienta generada (sistema SEVAL59) se adapta a los elementos específicos del modelo de evaluación oficial, para la norma NMX-I-059-NYCE, y puede ser usada por los evaluadores oficiales y personal de las unidades de verificación, así como por evaluadores informales. Su uso apoya a los evaluadores para seguir la evaluación de manera ordenada y generar los resultados de manera inmediata. Su utilidad puede extenderse al ambiente académico, usándose como un elemento didáctico, para complementar la formación de profesionales en Ingeniería de Software.

La investigación realizada produjo también un conjunto de indicadores de evaluación integrado, que asocia los requisitos definidos, clarificando el alcance de los mismos, basándose en el correcto entendimiento del modelo de procesos que se maneja en la norma. El conjunto de indicadores de evaluación integrados se utiliza para todos los procesos y para todos los niveles de capacidad dentro del sistema SEVAL59.

7.2 Trabajos futuros

Será necesario tomar en cuenta los cambios futuros que puedan hacerse a las normas mexicanas que han servido de base para realizar este trabajo. De esta manera se podrá actualizar la herramienta SEVAL59 no solo en los requisitos normativos, sino también en su funcionalidad.

Al aparecer nuevos estándares mexicanos, el estudio realizado en este trabajo puede servir como base para la generación de nuevas herramientas que apoyen en la evaluación de procesos de software y también en su implantación en las empresas del ramo.

7.3 Publicaciones

Como divulgación del trabajo de investigación realizado, se generaron dos publicaciones: **a)** un artículo presentado en un congreso nacional y **b)** un reporte técnico publicado por el Centro de Investigación en Computación (C.I.C.).

- a) ***Necesidad de herramientas que auxilien en la evaluación de procesos de software, tomando como base estándares mexicanos.*** Segundo encuentro de la Comunidad Sistémica Mexicana. Organizado por la Asociación Mexicana de la

Ciencia de Sistemas A.C. (AMCS). Pachuca, Hidalgo, del 25 al 27 de septiembre de 2006.

- b) ***Evaluación Automatizada de Procesos de Desarrollo de Software Aplicando la Norma Mexicana NMX-I-059-NYCE***. C.I.C., 2006, N°: 114, Serie: Verde.

7 CONCLUSIONES

7.1 Conclusiones

La calidad del software puede abordarse desde dos perspectivas principales: la calidad del producto y la calidad del proceso. El enfoque principal para el desarrollo de esta tesis es la calidad en los procesos de desarrollo y mantenimiento de software.

Se estudiaron a fondo los elementos que integran la norma mexicana NMX-I-059-NYCE, la cual lleva por nombre “Modelo de Procesos y Evaluación para Desarrollo y Mantenimiento de Software”. La norma utiliza como modelo de procesos de referencia a MoProSoft (Modelo de Procesos para la Industria de Software), un modelo de procesos de software mexicano, único a nivel mundial y de reciente creación.

En una etapa intermedia, gracias al avance de la investigación realizada, se detectó la necesidad de llevar a cabo un estudio detallado de la norma mexicana NMX-I-006-NYCE, que lleva por nombre “Evaluación de los Procesos” y que está armonizada con el estándar internacional ISO/IEC 15504. Ambas normas se aplican al sector de Tecnologías de la Información y se enfocan en la evaluación de procesos de desarrollo de software.

La generación de MoProSoft, tomó en cuenta algunos aspectos del marco de evaluación definido en el estándar internacional ISO/IEC 15504 y su análogo mexicano, la norma NMX-I-006-NYCE. Sin embargo, tiene una característica particular: el alcance de los procesos que propone MoProSoft va más allá del nivel de capacidad 1. La norma NMX-I-059-NYCE, también heredó esta peculiaridad.

A nivel internacional, existen algunas herramientas informáticas comerciales que se aplican a la evaluación de procesos de software, incluso en consistencia con los requisitos del estándar internacional ISO/IEC 15504. Sin embargo, ninguna de ellas puede utilizarse para la evaluación de la NMX-I-059-NYCE, debido a que esta última está basada en MoProSoft.

Se presentó el análisis y diseño de una herramienta para la evaluación de los procesos de software, de acuerdo con los requisitos establecidos por la norma NMX-I-059-NYCE, vigente en México. Ante la ausencia de herramientas informáticas que apoyen la evaluación de acuerdo con los requisitos establecidos por los estándares mexicanos, se aporta la primera alternativa completa, desarrollada específicamente para cubrir ese propósito.

Se realizaron pruebas al sistema para comprobar su efectividad en la evaluación de los procesos. También se realizó un estudio comparativo entre el sistema SEVAL59 y otras herramientas de evaluación comerciales disponibles actualmente para clarificar sus beneficios y alcances.

La herramienta generada (sistema SEVAL59) se adapta a los elementos específicos del modelo de evaluación oficial, para la norma NMX-I-059-NYCE, y puede ser usada por los evaluadores oficiales y personal de las unidades de verificación, así como por evaluadores informales. Su uso apoya a los evaluadores para seguir la evaluación de manera ordenada y generar los resultados de manera inmediata. Su utilidad puede extenderse al ambiente académico, usándose como un elemento didáctico, para complementar la formación de profesionales en Ingeniería de Software.

La investigación realizada produjo también un conjunto de indicadores de evaluación integrado, que asocia los requisitos definidos, clarificando el alcance de los mismos, basándose en el correcto entendimiento del modelo de procesos que se maneja en la norma. El conjunto de indicadores de evaluación integrados se utiliza para todos los procesos y para todos los niveles de capacidad dentro del sistema SEVAL59.

7.2 Trabajos futuros

Será necesario tomar en cuenta los cambios futuros que puedan hacerse a las normas mexicanas que han servido de base para realizar este trabajo. De esta manera se podrá actualizar la herramienta SEVAL59 no solo en los requisitos normativos, sino también en su funcionalidad.

Al aparecer nuevos estándares mexicanos, el estudio realizado en este trabajo puede servir como base para la generación de nuevas herramientas que apoyen en la evaluación de procesos de software y también en su implantación en las empresas del ramo.

7.3 Publicaciones

Como divulgación del trabajo de investigación realizado, se generaron dos publicaciones: **a)** un artículo presentado en un congreso nacional y **b)** un reporte técnico publicado por el Centro de Investigación en Computación (C.I.C.).

- a) ***Necesidad de herramientas que auxilien en la evaluación de procesos de software, tomando como base estándares mexicanos.*** Segundo encuentro de la Comunidad Sistémica Mexicana. Organizado por la Asociación Mexicana de la

Ciencia de Sistemas A.C. (AMCS). Pachuca, Hidalgo, del 25 al 27 de septiembre de 2006.

- b) ***Evaluación Automatizada de Procesos de Desarrollo de Software Aplicando la Norma Mexicana NMX-I-059-NYCE.*** C.I.C., 2006, N°: 114, Serie: Verde.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] NYCE A.C., **CATÁLOGO DE NORMAS MEXICANAS NYCE**, Agosto 2008.
- [2] Preuninger, Ricky D., **“The advantages of implementing Software Engineering Process Models”**, University of Texas at Arlington, 2006.
- [3] Schlickman, Jay J., **“ISO 9001:2000 quality management system design”**, Artech House, 2003.
- [4] IMNC A.C., **NMX-CC-9000-IMNC-2000**, “Sistemas de gestión de la calidad – Fundamentos y vocabulario”, 2001.
- [5] IEEE, **Std. 610.12-1990**, “IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology - Description”, 1990.
- [6] Sommerville, Ian, **“Ingeniería de software”**, Addison Wesley, 2007.
- [7] Lincke, R., **“Compendium of Software Quality Standards and Metrics”**, Arisa A.B., 2007.
- [8] Kaner, C., **“Software Engineering Metrics: What Do They Measure and How Do We Know?”**, Florida Institute of Technology, 2004.
- [9] McCall J., Richards P., Walters, G.F. **“Factors in Software Quality”**, General Electric Co, 1978.
- [10] Botella, P. et al, **“ISO/IEC 9126 in practice: what do we need to know?”**, Proceedings of the First Software Measurement European Forum (SMEF), 2004.
- [11] ISO, **“ISO - ISO 9000 / ISO 14000 - Quality management principles - Principle 4: Process approach”**. (Consultado y vigente en junio de 2009)
http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/management_standards/iso_9000_iso_14000/qmp/qmp-4.htm
- [12] Lonchamp, J., **“A Structured Conceptual and Terminological Framework for Software Process Engineering”**, Centre de Recherche en Informatique de Nancy, 1993.
- [13] Bardoloi, Sabyasachi, **“Quality: A Health Capsule to Retain Growth”**, Pinnacle Systems, Inc., 2005.
- [14] Paulk, Mark C., Curtis, B., Chrissis, Mary B., Weber, Charles V., **“Capability Maturity Model for Software, Version 1.1”**, Software Engineering Institute, 1993.
- [15] Singh, Raghu, **“International Standard ISO/IEC 12207 Software life cycle processes”**, Federal Aviation Administration, 1995.
- [16] Wikipedia, **“ISO 15504”**. (Consultado y vigente en junio de 2009)
http://en.wikipedia.org/wiki/ISO_15504
- [17] NYCE A.C., **NMX-I-059/01-NYCE-2005**, “Tecnología de la Información – Software – Modelos de Procesos y Evaluación para Desarrollo y Mantenimiento de Software – Parte 01: Definición de Conceptos y Productos”, 2005.
- [18] NYCE A.C., **NMX-I-059/02-NYCE-2005**, “Tecnología De La Información – Software – Modelos De Procesos Y Evaluación Para Desarrollo Y Mantenimiento De Software – Parte 02: Requisitos De Procesos (MoProSoft)”, 2005.
- [19] NYCE A.C., **NMX-I-059/03-NYCE-2005**, “Tecnología De La Información – Software – Modelos De Procesos Y Evaluación Para Desarrollo Y Mantenimiento De Software – Parte 03: Guía De Implantación De Procesos”, 2005.
- [20] NYCE A.C., **NMX-I-059/04-NYCE-2005**, “Tecnología De La Información – Software – Modelos De Procesos Y Evaluación Para Desarrollo Y Mantenimiento De Software – Parte 04: Directrices Para La Evaluación De Procesos (EvalProSoft)”, 2005.
- [21] Oktaba, Hanna; Esquivel, Claudia; et al. **Modelo de Procesos para la Industria del Software, MoProSoft**, 2005.

- [22] NYCE A.C., **NMX-I-006/01-NYCE-2006**, “Tecnología de la Información – Evaluación de los Procesos – Parte 01: Conceptos y vocabulario”, 2004.
- [23] NYCE A.C., **NMX-I-006/02-NYCE-2006**, “Tecnología de la Información – Evaluación de los Procesos – Parte 02: Realización de una evaluación”, 2006.
- [24] NYCE A.C., **NMX-I-006/05-NYCE-2006**, “Tecnología de la Información – Evaluación de los Procesos – Parte 05: Ejemplo de un modelo de evaluación de los procesos”, 2006.
- [25] NYCE A.C., **Manual de interpretación de las normas NMX-I-006-NYCE-2004**, 2006.
- [26] Schmuller, Joseph, **Teach yourself UML in 24 hours**. SAMS Publishing, 2004.
- [27] Harold, Elliot Rusty, **XML Bible**. IDG Books, 1999.