UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA
SANTIAGO-CHILE

DISEÑO DE FRAMEWORK PARA LA GENERACIÓN DE MODELOS DE MADUREZ

DIEGO IGNACIO ASTUDILLO DONOSO

MEMORIA DE TITULACIÓN PARA OPTAR A TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL INFORMÁTICO

PROFESOR GUÍA: MAURICIO SOLAR

PROFESOR CORREFERENTE: PATRICIO YAÑEZ

OCTUBRE 2017

Agradecimientos

A través del presente quisiera agradecer a todas las personas que estuvieron conmigo durante todo este “proceso universitario”, quienes me apoyaron, me entregaron el aliento y fuerza para continuar pese a las dificultades, a quienes fueron mi completa motivación y de quienes estoy profundamente agradecido por darme esta compleja, pero hermosa oportunidad de estudiar en una excelente casa de estudios y poder convertirme en un profesional. Estoy hablando de mi hermosa familia y de mi hermosa polola. Cada uno de ellos contribuyó con una parte fundamental para que yo lograse completar este proceso. Gracias por aguantar mis peores momentos y aun así seguir a mi lado dándome ánimos para continuar, gracias por estar ahí cuando lo necesité de manera incondicional.

No quisiera dejar afuera de esto a mis amigos, ya que sin ellos probablemente habría terminado en un hospital siquiátrico, o quizás hubiese terminado la carrera antes, quién sabe. Muchas gracias por darme la posibilidad de divertirme y escapar de los problemas y preocupaciones.

Por último, pero no menos importante, quisiera agradecer a mis compañeros de trabajo y la empresa Adepta en general por darme todas las posibilidades para terminar mi carrera mientras trabajaba.

Resumen

En el presente trabajo se describe el desarrollo e implementación de una plataforma Framework para la generación de modelos de madurez basada en la herramienta web OD-MM desarrollada por el centro de gobierno electrónico de la Universidad Técnica Federico Santa María, la cual gracias a sus funcionalidades, permitió la generación de esta herramienta. La plataforma consiste fundamentalmente en un sitio web capaz de entregar los esquemas y pautas necesarios para la creación de un modelo de madurez y su posterior evaluación. Esta herramienta permite a cualquier usuario replicar la herramienta para elaborar cualquier modelo siguiendo las pautas que entrega la plataforma. Una vez el modelo sea generado y los responsables hayan realizado las evaluaciones correspondientes, la herramienta permite la generación automática del “roadmap”.

Palabras clave: modelo de madurez, framework, metodología de evaluación, sitio web, TIC, datos abiertos.

Abstract

This work describes the development and implementation of a Framework platform for the generation of maturity models based on the OD-MM web tool developed by the Electronic Government Center of The Federico Santa María University, which thanks to its functionalities, Allowed the generation of this tool. The platform consists essentially of a website capable of delivering the necessary schemas and guidelines for the creation of a maturity model and its subsequent evaluation. This tool allows any user to replicate the tool to elaborate any model following the guidelines that the platform delivers. Once the model is generated and the managers have performed the corresponding evaluations, the tool allows the automatic generation of the "roadmap"

Keywords: maturity model, framework, evaluation methodology, web site, ICT, open data.

Glosario

Dominios: Nivel más alto del modelo. Son macro-agrupaciones de ámbitos que deben ser abordados para afrontar con éxito la implementación de buenas prácticas dentro de los procesos de una organización.

Framework: Corresponde a un conjunto estandarizado de conceptos, prácticas y criterios dentro de un entorno de trabajo, que permite enfocar un tipo de problemática particular y que sirve como referencia, para enfrentar y resolver nuevos problemas de índole similar.

Gobierno Electrónico (E–Government): Gobierno Electrónico se refiere a la creación de una interacción cómoda, transparente y económica entre el gobierno y los ciudadanos, el gobierno y las empresas de negocios y la relación entre los gobiernos.

Lineamientos: Estos pasos, acciones o recomendaciones a seguir y que se especifican en el *roadmap* para aumentar el **Nivel de Madurez**.

Modelo de Madurez: Herramienta para evaluar y diagnosticar capacidades de integración, tecnología y gestión de procesos.

Nivel de Madurez: Se refiere a una medida para determinar el grado de desarrollo de las capacidades de una organización al ser evaluada por el modelo de madurez.

Nivel de Capacidad: Propiedad del subdominio determinada en base a variables críticas, por tanto los subdominios tienen niveles de capacidad calculado en base a las variables de cada uno de éstos.

Open Data Maturity Model (OD-MM): Modelo de madurez desarrollado por el Centro de Gobierno Electrónico del departamento de informática de la Universidad

Técnica Federico Santa María que tiene como objetivo principal determinar las capacidades de datos abiertos en instituciones públicas basándose en las mejores prácticas internacionales referentes a los datos abiertos.

Peso: Relevancia de una variable dentro de un subdominio mediante una ponderación.

Roadmap: Actividades necesarias para llegar a un nivel de madurez esperado.

Subdominio (SD): Nivel intermedio del modelo. Son ámbitos que deben ser abordados para madurar las capacidades de un dominio.

Tecnologías de Información y Comunicación (TIC): Conjunto de recursos físicos (hardware), lógicos (software), de comunicación de datos y otros medios que se manejan en el contexto de sistema de información.

Índice

Agradecimientos i

Resumen ii

Abstract ii

Glosario iii

Índice v

Capítulo 1: Introducción 1

1.1 Planteamiento del problema 1

1.2 Objetivos 3

1.3 Propuesta de solución 4

1.4 Beneficios 5

1.5 Alcances y limitaciones 5

Capítulo 2: Estado del Arte 7

2.1 Framework 7

2.2 Modelo de Madurez 9

2.3 ICTE – MM 10

2.3.1 Estructura 11

2.3.2 Cálculo del nivel de madurez 11

2.3.3 Validación 12

2.4 Modelo de Madurez para asesorar el uso de TIC en educación 13

2.4.1 Estructura 13

2.4.2 Cálculo del nivel de madurez 15

2.4.3 Validación 15

2.5 Open Data Maturity Model (OD-MM) 16

2.5.1 Estructura 16

2.5.2 Cálculo del nivel de madurez 18

2.5.3 Determinación del peso de las variables 19

2.5.4 Validación 20

2.6 Modelo de madurez en Gobierno Abierto para Municipalidades (MMMOD) 20

2.6.1 Estructura 20

2.6.2 Calculo del nivel de madurez 21

2.6.3 Validación 22

2.7 Modelo de Madurez de Open Data para organizaciones públicas 22

2.7.1 Estructura 22

2.7.2 Cálculo de nivel de madurez 23

2.7.3 Validación 23

2.8 E-Government Maturity Model (E-GOV MM) 23

2.8.1 Estructura 23

2.8.2 Cálculo Nivel de Madurez 25

2.8.3 Validación 26

2.9 Modelo de madurez para residuos sólidos domiciliarios (MMRS) ... 27
2.9.1 Estructura ... 28
2.9.2 Cálculo del nivel de madurez ... 28
2.9.3 Validación ... 29
2.10 Modelo de Madurez en la implementación de Gobierno Electrónico basado en análisis de indización digital de las municipalidades ... 30
2.10.1 Estructura ... 31
2.10.2 Cálculo de nivel de madurez ... 32
2.10.3 Validación ... 32
2.11 Modelo de Madurez de Capacidad para la Innovación, caso Chile ... 32
2.11.1 Estructura ... 32
2.11.2 Cálculo de nivel de madurez ... 33
2.11.3 Validación ... 33
2.12 Modelo de Madurez para guiar la evolución de las ciudades hacia las "Smart Cities" ... 34
2.12.1 Estructura ... 34
2.12.2 Cálculo de nivel de madurez ... 36
2.12.3 Validación ... 36
2.13 Comparación de Modelos ... 37
2.14 Antecedentes ... 38

Capítulo 3: Definición y uso de la herramienta ... 39
3.1 Puesta en marcha ... 40
3.2 Proceso de diseño de un modelo ... 44
3.2.1 Perfiles de usuarios ... 44
3.2.2 Definición de dominios ... 46
3.2.3 Definición de sub dominios o cuestionarios ... 48
3.2.4 Definición de variables ... 49
3.2.5 Definición de niveles de madurez o capacidad ... 51
3.2.6 Definición de lineamientos ... 54
3.2.7 Hoja de ruta ... 55
3.2.8 Otros elementos ... 56
3.3 Uso de la herramienta ... 58

Capítulo 4: Conclusiones ... 63
4.1. Sobre el trabajo realizado ... 63
4.2. Sobre el trabajo futuro ... 65

Referencias ... 66

Anexo ... 67

Capítulo 1: Introducción

1.1 Planteamiento del problema

Actualmente el departamento de informática de la Universidad Técnica Federico Santa María posee una gran cantidad de memorias confeccionadas por sus alumnos enfocadas en el área de gestión y análisis basadas en el diseño y creación de modelos de madurez para la evaluación de los procesos dentro de organismos públicos, así como también iniciativas del ámbito privado, dentro de este grupo de trabajos es posible encontrar modelos encargados de evaluar diversas áreas entre las cuales se pueden encontrar educación, gobierno digital, datos abiertos, residuos domiciliarios, ciudades inteligentes, entre otros. De esta manera los alumnos memoristas que han realizado aquellos trabajos para algún área u organización en específico han tenido que desarrollar sus propias plataformas para la validación del modelo o, en otros casos, adaptar herramientas ya elaboradas por otros alumnos y hacerlas calzar con sus modelos. En aquel sentido muchos de los trabajos realizados por los alumnos memoristas se han basado en la estructura de una plataforma en particular para elaborar sus modelos, Open Data Maturity Model (OD-MM), diseñada para la evaluación de instituciones de carácter público en base a la utilización de datos abiertos, desarrollada por académicos de la UTFSM, que será detallada más adelante, y que gracias a su procesamiento de cálculos y generación automática de "roadmaps" resulta ser una plataforma bastante conveniente a la hora de generar alguna evaluación.

El modelo antes mencionado (OD-MM) se encuentra desarrollado dentro de una plataforma web que permite la generación del modelo de madurez y su característica fundamental consiste en la generación automática de la hoja de ruta necesaria para avanzar organizacionalmente. Esta herramienta ha sido validada y utilizada por distintas instituciones de carácter público interesadas en evaluar sus procesos referentes con el manejo de datos abiertos, logrando una gran aceptación. Por otra parte, el sistema

desarrollado proporciona las alternativas para editar el modelo de madurez añadiendo nuevas Variables, Dominios, o Subdominios, sea cual sea el caso dependiendo de las necesidades y procesos que se requiera evaluar por cada cliente o institución haciéndola una herramienta bastante flexible.

Luego, los alumnos o instituciones que requieran utilizar y por ende implementar esta herramienta, ya sea para utilizarla de estructura para generar evaluaciones distintas o evaluar otros procesos, deben acercarse al departamento de informática de la universidad y solicitar la creación de un nuevo entorno para la aplicación y con una nueva instancia de la misma, en otro servidor o máquina virtual apuntando a una nueva instancia de base datos. Lo anterior implica, por ende, el trabajo de un especialista capaz de replicar esta plataforma web y luego poder modificar el código de la misma para así adaptarla a las nuevas necesidades requeridas. Lo cual resulta en un gasto importante de tiempo y recursos que podría disminuirse automatizando el proceso de replicación.

Finalmente, a partir de lo anterior y a la constante petición de entidades externas a la universidad por conseguir los modelos de madurez generados en ella, surge la necesidad de elaborar una nueva plataforma basándose en la plataforma OD-MM, permita la replicación de este sitio sin la necesidad de requerir los servicios adicionales de un especialista para adaptar dicha herramienta a los requerimientos de cualquier persona o institución. Es por ello que el presente trabajo busca la generación de una plataforma basada en la herramienta antes mencionada que aproveche todas las funcionalidades de ésta, en cuanto al manejo de usuarios, creación de Dominios, Subdominios y Variables, cálculo de nivel de madurez y generación automática de "roadmap", y que a su vez sirva de esquema de trabajo para la generación de cualquier modelo de madurez, tal como lo hace un "Framework" en otras áreas, pero que no contenga ningún esquema cargado anteriormente de tal forma que quien lo utilice no tenga la necesidad de adaptarla, si no que partir desde cero y crear sus propias evaluaciones. Con esto además se pretende generar las bases para el desarrollo de una plataforma que pueda ser replicada automáticamente a nivel de usuario.

1.2 Objetivos

Uno de los objetivos generales del presente trabajo consiste en generar las bases para el desarrollo de una plataforma “Framework” que permita la creación automática de modelos de madurez atendiendo cualquier requerimiento que los usuarios puedan solicitar.

De esta forma, otro objetivo del presente trabajo corresponde a la definición y descripción de todos los pasos necesarios para lograr replicar y adaptar la herramienta “Framework MM”, desarrollada para éste propósito, de tal forma que el usuario final pueda definir un modelo de madurez en ella para algún fin específico. Además, aparte de poder definir un modelo de madurez en la herramienta, ésta permitirá realizar las evaluaciones correspondientes de acuerdo al modelo generado.

Los objetivos específicos desarrollados en este proyecto son:

- Estudiar los distintos modelos de madurez generados en la UTFSM y así poder desarrollar un entendimiento del proceso de diseño y creación de un modelo de madurez y sentar las bases para la creación de éstos dentro de la herramienta.
- Adaptar la plataforma web OD-MM:
    - Eliminar los datos dentro de la base de datos referidos a OD-MM y a las implementaciones anteriores.
    - Cambiar diseño y contenido de la página de acuerdo a la nueva funcionalidad.
- Describir el proceso completo de replicación de esta nueva plataforma, en forma de manual de usuario, para que los futuros usuarios puedan utilizarla de acuerdo a sus propios intereses. El manual de usuario para la replicación del sitio quedará plasmado en la plataforma web.
- Describir el proceso de diseño de un modelo de madurez en la plataforma.
- Describir el proceso de evaluación mediante el modelo generado.

1.3 Propuesta de solución

A partir de la herramienta elaborada por el Centro de Gobierno Electrónico de la Universidad Federico Santa María OD-MM se pretende generar una herramienta tipo "Framework" para el desarrollo de modelos de madurez que permita la creación de los mismos de manera personalizada. Es decir, se modificará la plataforma mencionada anteriormente para generar un "Framework" que ayude a la generación de modelos de madurez.

Se tomará la plataforma OD-MM mencionada anteriormente y se replicará en un nuevo servidor de manera de poder adaptarla a los nuevos requerimientos, pero manteniendo las funcionalidades de la página en cuanto a la gestión de usuarios, creación de cuestionarios y su motor para la generación automática de "roadmaps". Es decir, se eliminarán de la base de datos todos los registros asociados al modelo de madurez OD-MM, ya sean variables, subdominios, dominios, usuarios, instituciones, resultados, entre otros, de manera de obtener un sitio limpio sin información de usos anteriores. Luego se procederá a cambiar el diseño del mismo sitio de manera que ya no aparezca ninguna referencia hacia el modelo OD-MM, si no que ahora pase a representarse como la herramienta Framework-MM.

Por último se procederá a realizar una descripción de todo el proceso de replicación del sitio de manera de plasmarlo en un documento a modo de manual de usuario, para que así cualquier persona que necesite utilizar la herramienta sea capaz de realizar este procedimiento de replicación y adaptar el modelo a sus necesidades. Dentro de este manual de usuario también se encontrarán las instrucciones necesarias para la creación de modelos y uso de la página. Esto quiere decir que se describirá paso a paso todo el proceso de creación de evaluaciones, desde la creación de Dominios del modelo, hasta la creación y ponderación de las distintas variables, considerando también la administración de perfiles.

1.4 Beneficios

Gracias al desarrollo de esta nueva plataforma se busca generar una herramienta universal para la creación de modelos de madurez, de manera que los usuarios puedan replicar una instancia de esta herramienta y tengan la posibilidad de elaborar cualquier modelo atendiendo a sus necesidades aprovechando así todas las características que posee la plataforma ya desarrollada, como generación automática de "roadmaps", creación de Dominios, subdominios, variables y sus ponderaciones, así como también la creación de usuarios, entre otros.

1.5 Alcances y limitaciones

Con el desarrollo de este proyecto se pretende sentar las bases para la generación de un "Framework" capaz de generar modelos de madurez de manera automática, sin tener la necesidad de generar nuevas plataformas desde cero para cada modelo de madurez que se quiera desarrollar.

Así, se tomará como base la plataforma construida por la UTFSM, OD-MM, de manera de replicarla en otra instancia del servidor y se adaptará para este nuevo objetivo, de tal forma de vaciar todos los datos presentes en ella, como dominios, variables, usuarios, etc., cambiar el diseño y dejarla como una herramienta disponible para crear cualquier modelo que se necesite. Además se le añadirá un completo manual de usuario para guiar a cualquier persona que necesite replicar esta página y crear su propio modelo de evaluación.

Por lo tanto el proyecto considera las siguientes actividades:

- Replicar sitio OD-MM.
- Modificar y adaptar el sitio para convertirlo en el nuevo Framework-MM.

- Generar el manual de usuario correspondiente para guiar en el proceso de replicación de la página y a su vez otro instructivo para el uso correcto del sitio, es decir un manual para enseñar a crear la evaluación.
- Investigación sobre licenciamiento del sitio.
- Investigación a cerca de trabajos futuros.

Por otro lado se hace necesario mencionar que en esta primera instancia del proyecto no se desarrollará la plataforma para generar los modelos de manera automática, si no que se guiará el proceso de creación a través de un instructivo el cual deberá seguir el usuario.

Capítulo 2: Estado del Arte

Antes de pasar a describir la solución propuesta propiamente tal se hace necesario establecer un contexto de trabajo para asegurar un mejor entendimiento de aquella solución, este contexto está determinado a partir de la investigación realizada previa al diseño de la solución. Mediante esta investigación se pretende entregar las bases y conceptos más importantes ligados al desarrollo de Modelos de Madurez. Dentro de ésta se describe los componentes principales de la plataforma generada, además de describir los trabajos relacionados, que proporcionan la base para el diseño de la solución final. Así como también entregar los antecedentes necesarios que justifiquen la necesidad de creación de esta herramienta.

2.1 Framework

El concepto de "framework" hoy en día es bastante utilizado, sobre todo en los temas referentes al desarrollo de software, donde existe un sinfín de alternativas para utilizar a la hora de desarrollar, ya sea una página web, aplicaciones, juegos, entre otras. Sin embargo este concepto no es propio solo del desarrollo de software, sino que puede extenderse hacia un ámbito más general. Siguiendo con esta última idea el término "framework" puede interpretarse por sí solo como "esquema", "esqueleto" o "patrón" para la creación o implementación de algún elemento. De esta manera el objetivo principal de un framework podría ser el facilitar el proceso de diseño, creación o implementación de un elemento, permitiendo al usuario centrarse en el problema que desea resolver y aquellos elementos que sean de uso común para la creación de cualquier herramienta similar puedan ser desatendidos, por ejemplo, para el caso de los desarrollos de aplicaciones web, las funcionalidades como el registro de usuarios, conexión con bases de datos o manejo de sesiones se encuentran totalmente cubiertas por la gran variedad de herramientas en el mercado.

Para el caso de los “frameworks” enfocados al área de desarrollo web o aplicaciones un framework puede ser un conjunto de archivos y directorios que facilitan la creación de aplicaciones, ya que incorporan funcionalidades ya desarrolladas y probadas, implementadas en un determinado lenguaje de programación, también es posible que el framework defina una estructura para una aplicación completa, o bien sólo se centre en un aspecto de ella.

Algunas de las ventajas de utilizar estas herramientas (framework) para facilitar las labores a la hora de realizar cualquier tipo de proyecto pueden ser:

- Las personas no necesitan idear una estructura global de la solución, si no que el framework proporciona el “esqueleto” que hay que rellenar, es decir la estructura ya se encuentra predefinida.
- Facilita la colaboración, al estandarizar el trabajo realizado permite que varias personas que estén trabajando sobre lo mismo puedan interactuar de mejor manera.
- Permite encontrar herramientas o información asociada mucho más fácil.

Por otra parte también es posible considerar algunas desventajas que se presentan al trabajar con estas herramientas:

- Se hace necesario considerar un tiempo inicial de aprendizaje de manera de poder conocer el funcionamiento del framework antes de aplicarlo.
- Como es una herramienta que proporciona un esquema a seguir, entonces está claro que, dependiendo del trabajo que se desea realizar, ésta podría imponer ciertas limitaciones a la estructura.

2.2 Modelo de Madurez

Actualmente en el mundo las organizaciones o empresas de cualquier tipo, ya sean de naturaleza pública o privada se encuentran bajo múltiples estándares y metodologías que permiten medirlas, calificarlas y por último clasificarlas dependiendo de su desempeño operacional de acuerdo a estos estándares mundiales. Bajo este marco es importante para una organización poder compararse con sus pares, ya sea a nivel nacional o internacional para saber si cumple con las normas necesarias, si sus procesos de negocio son efectivos o simplemente para compararse consigo misma y establecer grados de avance en el tiempo.

Es en este contexto donde aparece la herramienta "Modelo de Madurez", la cual nace en la industria del desarrollo de software, específicamente a cargo del Instituto de Ingeniería de Software (SEI), para evaluar objetivamente a los proveedores de software del departamento de defensa de los Estado Unidos, debido a que en aquella época (80's) los proveedores carecían de profesionalismo al excederse en los precios y atrasándose en los plazos de entrega. Para finales de la década de los ochenta el SEI publica su reporte técnico describiendo el Modelo de Madurez de Capacidades (CMM) para software y una metodología para evaluar la madurez de los procesos de contratistas de defensa. Luego, más adelante este modelo es sometido a diversas mejoras y pasa a llamarse "Capability Maturity Model Integration" (CMMI) pensado para la evaluación y mejora de procesos dentro de la industria de desarrollo de software.

Finalmente, un modelo de madurez puede considerarse como una herramienta capaz de guiar una organización en la búsqueda e implementación de buenas prácticas, ofreciendo un método de evaluación que permita identificar el punto en el que se encuentra y a su vez describir el camino para el mejoramiento continuo. De esta forma, en resumidas cuentas estas herramientas permiten evaluar el estado de desarrollo de una organización o proceso de negocio, trazar claramente estrategias de mejoras para

alcanzar los objetivos previstos e identificar las áreas donde la organización debe enfocarse para mejorar.

Los modelos de madurez constituyen una evolución de las prácticas para gestionar la calidad. Si bien fueron concebidos inicialmente para la industria del software , hoy en día su aplicación se extiende a una gran variedad de contextos como el desarrollo de software, la gestión de proyectos, la gestión del conocimiento, el desarrollo de los procesos, la gestión de procesos de negocio (BPM), entre otros.

De esta manera, a continuación, se describen algunos modelos de madurez desarrollados en la Universidad Técnica Federico Santa María por alumnos memoristas que han tenido que realizar estas evaluaciones a distintas instituciones, obteniendo diversos resultados. Con esto se pretende generar una imagen completa de los modelos de madures y así poder comparar estos trabajos y encontrar aspectos comunes que permitan generar una plataforma de uso general que entregue los lineamientos para crear un modelo y poder evaluar lo que el usuario desee.

2.3 ICTE – MM

Este es un modelo de madurez para evaluar el uso de las tecnologías de información en la educación desarrollado en [1]. En este trabajo se proponen cinco dominios para evaluar el uso de las TIC entre los cuales se encuentran: Gestión de la Educación, Infraestructura, Administradores, Maestros y Estudiantes. Dentro de estos dominios se encuentran subniveles (subdominios) que representan las distintas áreas clave de los dominios (25 en total) y que pueden controlarse y medirse a partir de las variables críticas presentes en estos subdominios.

Para la validación de este modelo se desarrolla una plataforma web en lenguaje PHP con una base de datos MySQL, en la cual se despliegan distintos cuestionarios

dependiendo del dominio que se esté evaluando, que permiten diagnosticar el estado actual de aquel dominio a través de las capacidades de cada variable o área crítica del dominio, para luego entregar una hoja de ruta o "roadmap" la cual entrega los lineamientos necesarios para escalar en el modelo.

2.3.1 Estructura

Este modelo se organiza de acuerdo a una estructura jerárquica basada en Dominios, Subdominios (SD) y Variables Críticas (VC). Como se menciona en el punto anterior los autores de este trabajo se enfocaron principalmente en los dominios de gestión, infraestructura, directivos escolares, profesores y estudiantes. Cada uno de estos cinco dominios posee una cierta cantidad de subniveles y estos últimos a su vez se componen de una cantidad de variables críticas. De lo anterior se desprende que los subdominios son los que deben ir evolucionando para mejorar, por lo que estos deben ser medidos, controlados y evaluados de alguna forma y esa forma corresponde a las variables críticas que permiten evaluar los elementos del modelo de manera cuantitativa y cualitativa dependiendo si se cumple o no lo que representan en base a los resultados de la medición.

2.3.2 Cálculo del nivel de madurez

Cada subdominio (SD) cuenta con la una propiedad denominada "Nivel de Capacidad" (NC), la cual está determinada a su vez por el nivel de capacidad de las VC de cada SD. Esto es, las VC son capaces de cumplir ciertos requerimientos de esta forma la capacidad que posean estas variables para cumplir aquellos requisitos queda plasmada en el NC de cada una dando paso al NC del SD en cuestión. Luego para el cálculo de dicha capacidad en cada SD se utiliza el promedio aritmético de las distintas capacidades de las VC ponderadas asignándole un Peso (P) a cada una respecto a sus

relevancias dentro del conjunto de variables. De acuerdo a lo anterior la fórmula para calcular el Nivel de Capacidad Final de un SD (NC_{SD}) [1].

$$NC_{SD} = Prom[Cap(VC_1) * P_1, \dots, Cap(VC_n) * P_n] \quad (2.1)$$

El Nivel de Madurez (NM), por otro lado, representa la capacidad de la organización como un todo, por lo que cada NM agrupa un conjunto de SD con un NC determinado. Así, este NM estará dado por el promedio ponderado aritmético de los NC de todos los SD.

2.3.3 Validación

Para la evaluación de este modelo se ha diseñado una plataforma Web, que permite responder una serie de cuestionarios, estos últimos diseñados de manera que sean capaces de caracterizar cada una de las VC de acuerdo a cinco niveles de madurez:

- Nivel 1: Capacidades iniciales
- Nivel 2: Capacidades en desarrollo
- Nivel 3: Capacidades definidas
- Nivel 4: Capacidades gestionadas
- Nivel 5: Capacidades optimizadas.

Con lo anterior es posible conocer el Nivel de Madurez para el establecimiento educacional y a su vez obtener una guía o camino con los pasos a seguir para escalar en los niveles de madurez también llamado *roadmap*.

2.4 Modelo de Madurez para asesorar el uso de TIC en educación

De acuerdo al modelo señalado anteriormente el autor de [2] realiza una serie de cambios detallados posteriormente, los cuales ayudarán a la reducción en la cantidad de dominios, así como también la reducción en el número de niveles de madurez. Esto en favor de eliminar aspectos que puedan estar contenidos en dos dominios diferentes y facilitar la elección del nivel de capacidad para alguna variable por parte del usuario.

2.4.1 Estructura

En primer lugar se realiza una reducción de dominios al modelo ICTE-MM, esta modificación se realiza debido a la existencia de similitudes entre algunos SD de dos de ellos, entre estos, el dominio "Gestión" y el dominio "Directivos Escolares", ambos fueron unidos manteniendo el nombre del primero. Al realizar lo anterior se obtiene una reducción de 5 dominios a 4, de 25 SD a 20, y de 103 a 75 VC.

De esta forma se pretende entregar mayor importancia al área de Gestión, ya que resulta fundamental para llevar a cabo las estrategias TIC en el establecimiento, esto queda reflejado en la estructura del modelo al quedar todos las SD del dominio Gestión con 5 VC cada uno mientras que los demás SD quedaron con 4 VC (pertenecientes al dominio Profesores) y 3 VC (pertenecientes a los dominios Infraestructura y estudiantes).

Así la estructura del modelo queda plasmada en la siguiente imagen:

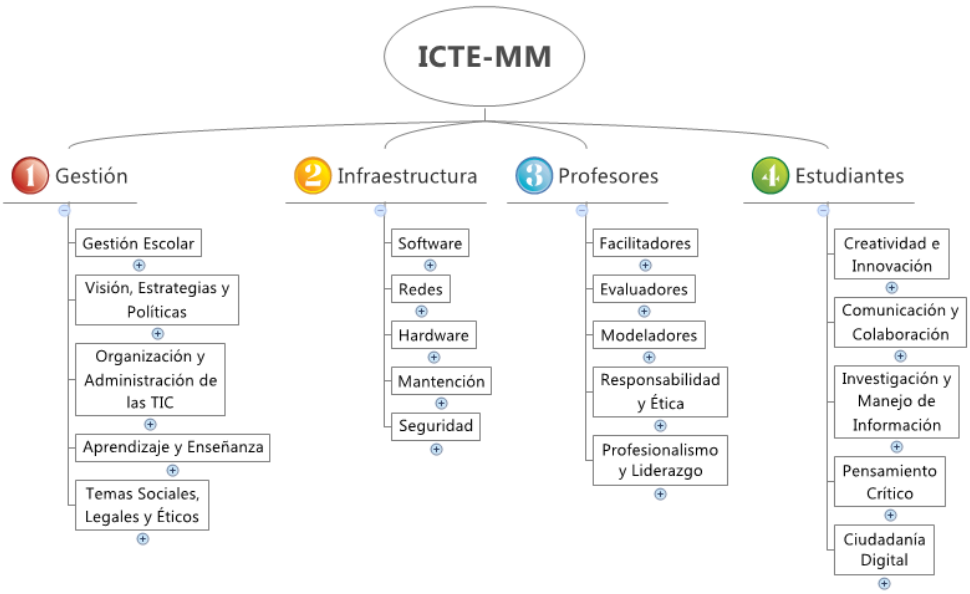


Figura 2.1: Estructura modificada de ICTE-MM (Fuente [2])

Por otra parte se redujo el número de niveles de madurez, acotando la escala a cuatro niveles con el fin de facilitar el reconocimiento del nivel actual de cada VC. Otro de los beneficios mencionados por el autor al realizar esta reducción de niveles de madurez corresponde a que si se tiene una cantidad de niveles par se impide que exista un nivel medio donde el usuario pudiera respaldarse ante alguna duda (descarte por así decirlo), entonces al ser un número par deberá inclinarse hacia un extremo u otro.

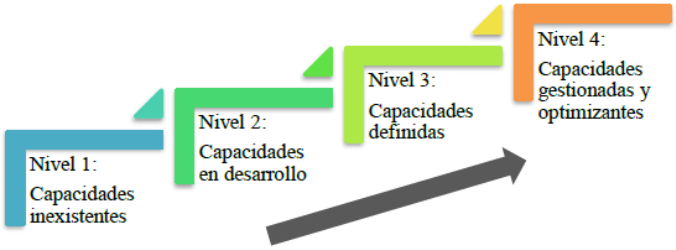


Figura 2.2: Niveles modificados del modelo ICTE-MM (Fuente [2])

2.4.2 Cálculo del nivel de madurez

El cálculo del nivel de madurez se realiza de igual manera que el modelo ICTE-MM detallado en el punto anterior. La herramienta permite, además, asignarle un peso a cada una de las variables, lo cual influye en el cálculo final del nivel de madurez. Así, aquellas consideradas como más relevantes pueden tener una ponderación asociada más elevada, o bien, un peso menor si se considera poco relevante. Dado que aún no se ha realizado un estudio previo que revele con certeza qué variables del modelo ICTE-MM son más importantes que otras, se le asignó el mismo peso a cada una dentro de su subdominio.

Por ejemplo, cada una de las cinco variables críticas del subdominio Gestión Escolar se le otorgó una ponderación igual a 20. Sin embargo, para aquellos subdominios con cantidad impar de variables críticas (como los de Infraestructura y Estudiantes), se tuvo que optar por dividir el porcentaje de forma desigual pero con una diferencia mínima; es decir, para estos casos el peso otorgado a las variables fue de 33, 33 y 34, asignando este último valor aleatoriamente a una de las tres variables críticas.

2.4.3 Validación

Debido a las modificaciones realizadas a la estructura del modelo, también se debió reestructurar la plataforma tecnológica que lo soportaba, es decir, para este caso no se utilizó el sitio web desarrollado para ICTE-MM, sino que se adoptó el diseño de la plataforma OD-MM (también desarrollado por el Centro de Gobierno Electrónico de la UTFSM).

2.5 Open Data Maturity Model (OD-MM)

Este modelo fue desarrollado por el Centro de Gobierno Electrónico del departamento de informática de la Universidad Técnica Federico Santa María en conjunto con investigadores de la fundación CTIC de España y tiene como objetivo principal determinar las capacidades de datos abiertos en instituciones públicas basándose en las mejores prácticas internacionales referentes a los datos abiertos. Finalmente el modelo proporciona un camino a seguir o una referencia que permite gestionar los recursos humanos y financieros de la organización de manera de implementar iniciativas de mejoramiento dentro de las distintas áreas que el modelo haya identificado como deficientes persiguiendo, por consiguiente, la evolución del nivel de madurez de la organización. Este despliegue de información resultante posterior a la evaluación con las recomendaciones a seguir se denomina *Roadmap de Mejoramiento* [3].

2.5.1 Estructura

El modelo se encuentra estructurado de manera jerárquica presentando 3 niveles de organización: Dominios, Subdominios (SD) y Variables Críticas.

De esta forma es posible identificar los siguientes Dominios con sus respectivos Subdominios:

- Perspectiva Institucional y Legal
    - Estrategias, Liderazgo e Institucionalidad
    - Leyes y Normas
    - Gestión
- Perspectiva Tecnológica
    - Seguridad y Disponibilidad
    - Acceso

    - Calidad de los Datos
- Perspectiva Ciudadana y Empresarial
    - Reutilización de los Datos
    - Desarrolladores
    - Participación y Colaboración.

Luego, la cantidad de variables críticas establecidas fue de 33 las cuales se reparten entre los 9 Subdominios señalados anteriormente.

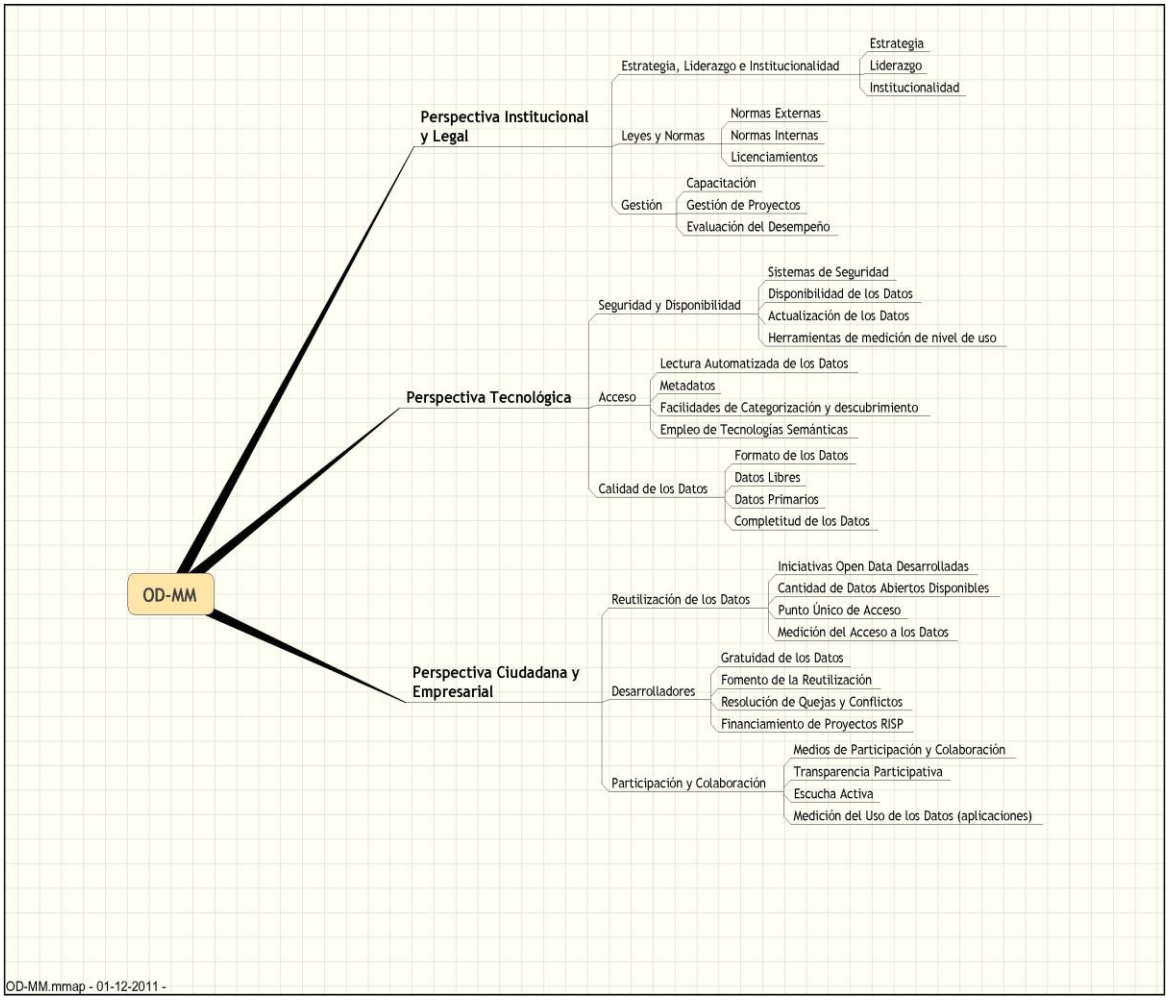


Figura 2.3: Estructura OD-MM (Fuente: Informe Final Proyecto Open Data)

2.5.2 Cálculo del nivel de madurez

La madurez de una organización (NM) está dada por los distintos niveles de capacidad (NC) que presentan los SD. En [3] se describen cuatro formas para determinar la madurez de una organización:

- **Mínimo nivel de capacidad**: El nivel de capacidad de una organización estará dado por el menor nivel de capacidad presentado por sus SD:

$$NM = Min\left(NC(SD_1), \dots, NC(SD_n)\right) \quad (2.2)$$

- **Promedio ponderado aritmético**: El nivel de capacidad resulta del cálculo del promedio ponderado aritmético de la capacidad de todos los SD.

$$NM = Prom(NC(SD_1) * p_1, \dots, NC(SD_n) * p_n) \quad (2.3)$$

- **Configuración predeterminada de SD**: El nivel de capacidad estará dado por un conjunto de valores para todos los SD.

$$NM_0 = Conf_0(NC(SD_1), \dots, NC(SD_n)$$
$$NM_1 = Conf_1(NC(SD_1), \dots, NC(SD_n)$$
$$\dots$$
$$NM_n = Conf_n(NC(SD_1), \dots, NC(SD_n) \quad (2.4)$$

  Esta forma de calcular el NM demanda la necesidad de conocer el contexto de la organización ya que es necesario predefinir las configuraciones de los SD que dependerá en gran parte de los involucrados en el proceso capaces de darle más importancia a algunos SD más que otros.

- **Configuración de SD prioritarios**: Al igual que el caso anterior el nivel de madurez está dado por un conjunto de valores para todos los SD del modelo.

$$NM_0 = Conf_0(NC(SD_1), \dots, NC(SD_i)$$
$$NM_1 = Conf_1(NC(SD_1), \dots, NC(SD_j)$$
$$\dots$$
$$NM_n = Conf_n(NC(SD_1), \dots, NC(SD_k) \ (2.5)$$

La principal diferencia con el cálculo anterior corresponde a la flexibilidad de este último, ya que solo se determina un conjunto mínimo de SD que son importantes en un nivel de madurez dado.

Finalmente Open Data MM utiliza esta última forma para calcular el NM.

2.5.3 Determinación del peso de las variables

Para determinar la importancia de cada una de las variables involucradas se hace necesaria la participación de a lo menos tres expertos, entre estos un experto que represente al gobierno, un representante de la ciudadanía y/o un experto en Open Data. El proceso consiste en tres etapas:

i. Todos los expertos asignan de manera independiente un peso a las variables de acuerdo a su apreciación, la suma de los pesos de las variables dentro de un SD debe ser de 100%.
ii. En la segunda etapa del proceso se comparan los pesos propuestos de todos los expertos y aquellas variables que coincidan en peso se mantienen con éste ya que todos los expertos les dieron el mismo valor.
iii. Por último se realiza una negociación para los casos en que los valores fueron distintos. En caso de no llegar a acuerdo un experto externo se toma como última palabra.

2.5.4 Validación

Para la validación del modelo se contó con distintos actores relacionados con el tema de OGD, el trabajo fue presentado en Chile (SEGPRES), y a la Fundación Ciudadano Inteligente, en Colombia se presentó a Gobierno en Línea. A partir de las observaciones realizadas se incorporaron aquellas modificaciones que permitían mejorar la propuesta del diseño del modelo y validarlo. Con el modelo validado por representantes del Gobierno de Chile y Colombia, de la sociedad civil y de desarrolladores de aplicaciones Open Data, se inicia la implementación de la herramienta web que permitirá levantar los datos que requiere el modelo para su validación a través de un piloto.

2.6 Modelo de madurez en Gobierno Abierto para Municipalidades (MMMOD)

Este modelo fue propuesto por Arturo Argandoña en [4]. Aquí se propone determinar el nivel de madurez alcanzado por una municipalidad en cuanto a Gobierno Abierto, para ello se evalúan ciertas características de los municipios de manera de determinar cuáles son los procesos, actividades o áreas que presentan alguna falencia y necesiten ser atendidas, luego se entregan los lineamientos necesarios para mejoramiento.

Este modelo fue desarrollado a partir de la base propuesta por el modelo visto anteriormente, OD-MM, del cual se extrajo la estructura jerárquica del mismo.

2.6.1 Estructura

Este modelo basa su estructura en el OD-MM manteniendo los mismos elementos. Es decir, se cuenta con un modelo jerárquico de tres niveles (Dominios, Subdominios, Variables). Aquí es posible encontrar 3 dominios, 9 subdominios y 33 variables críticas

distribuidas en los 9 SD, dentro de estos elementos podemos encontrar los siguientes dominios y subdominios

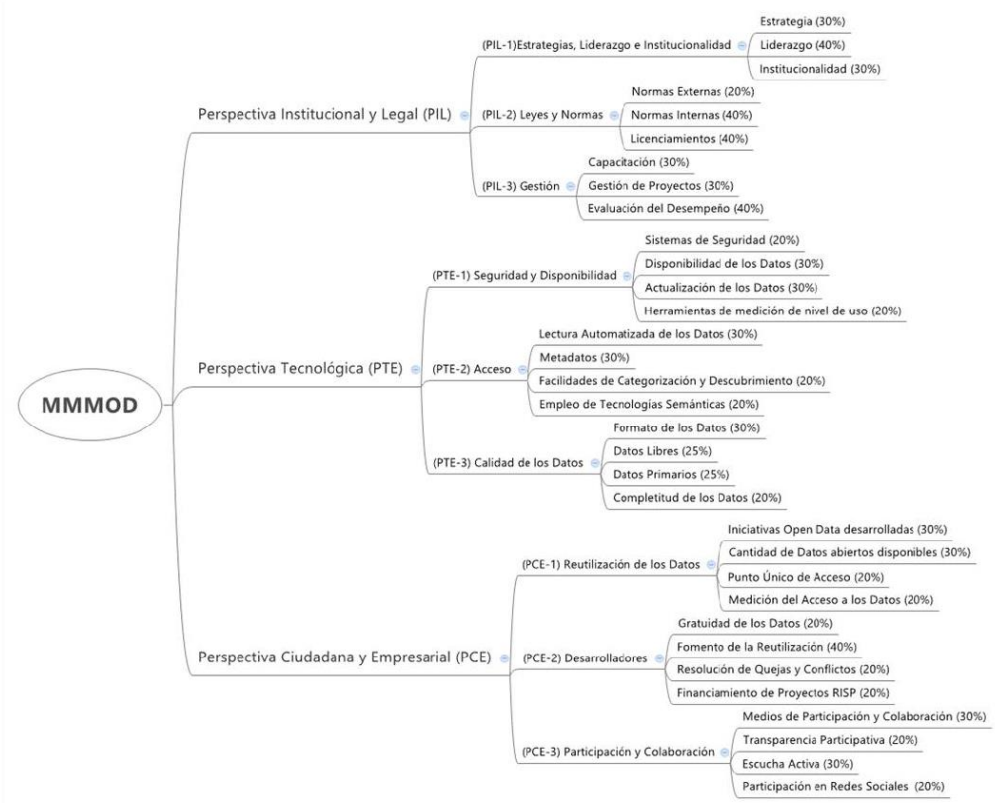


Figura 2.4: Estructura MMMOD (Fuente [4])

2.6.2 Calculo del nivel de madurez

Para el cálculo del nivel de madurez se utiliza la misma metodología que para OD-MM vista anteriormente, es el caso de la *Configuración de SD Prioritarios (2.4.2)*

2.6.3 Validación

El modelo fue validado por cinco municipalidades del país, tres en Santiago y dos de la Región de Coquimbo. Para ello se utilizó una plataforma web, la cual fue presentada y explicada en las municipalidades validadoras de manera que sean capaces de responder las encuestas de la plataforma de la mejor forma.

2.7 Modelo de Madurez de Open Data para organizaciones públicas

El trabajo desarrollado por Cristian Torres en [5] se basa en el modelo descrito anteriormente, OD-MM, y tiene como objetivo entregar una guía a las organizaciones gubernamentales sobre cómo mejorar el manejo de los datos abiertos y lograr determinar en qué áreas se debe tomar medidas para fomentar la utilización de datos abiertos en los servicios públicos (SSPP).

2.7.1 Estructura

Debido a que la estructura de este modelo se basa completamente en el OD-MM se identifican los mismos componentes dentro de su estructura, esto es, se presentan 3 Dominios, 9 Subdominios y 33 Variables críticas. Así mismo los niveles de madurez definidos para este trabajo corresponden a los mismos mencionados en el OD-MM (inexistente, incipiente, existente y avanzado).

2.7.2 Cálculo de nivel de madurez

Como ya se ha mencionado este trabajo se basa completamente en el Open Data Maturity Model, por lo que el cálculo del nivel de madurez se encuentra descrito en la sección 2.5.2

2.7.3 Validación

La validación del modelo se realiza a través de una plataforma web (desarrollada para OD-MM), en donde distintas organizaciones participantes le asignaron valores a las VC de cada SD. Los resultados obtenidos indican que el promedio de las organizaciones públicas a nivel latinoamericano, se encuentra en nivel inexistente. Los subdominios más desarrollados: Seguridad y Disponibilidad, Estrategia, Liderazgo e Institucionalidad, Acceso y Calidad de los Datos. Los subdominios menos desarrollados son: Reutilización de los Datos, Desarrolladores y Gestión.

2.8 E-Government Maturity Model (E-GOV MM)

El eGov MM nace a partir de la necesidad de poder evaluar el nivel de madurez y capacidades de las instituciones públicas en materia de gobierno electrónico *e-government*. La ventaja principal de este modelo radica en que su enfoque no se centra solamente en las TI, si no que permite dar un enfoque multidimensional abarcando Criterios de Información, Recursos TI y Dominios Sustentadores.

2.8.1 Estructura

El modelo se estructura de manera jerárquica en base a tres aspectos principales: Dominios Sustentadores, (DS), Áreas Clave de Dominio (ACD) y Variables Críticas (VC). De esta forma los DSs se componen de ACDs y estos últimos a su vez están conformados por VCs.

Luego dentro de la estructura es posible encontrar los siguientes DS con sus respectivos ACD:

- Estrategia de Gobierno Electrónico
    - Visión, Estrategias y Políticas
    - Estrategia de Arquitectura Empresarial
    - Dirección y Organización TI
- Gobernabilidad de las TI
    - Arquitectura TI
    - Gestión de Portafolio y Riesgos
    - Provisión de Servicios TI
    - Utilización de Activos
- Gestión de Procesos
    - Gestión de Procesos de Negocio
    - Gestión del Desempleo
    - Atención a Ciudadanos y Empresas
    - Prácticas de Interoperabilidad
    - Cumplimiento de Normativas
    - Aseguramiento de Calidad y Seguridad
- Organización y Personas
    - Infraestructura y Herramientas de eGov
    - Capital Humano
    - Gestión del Cambio
    - Gestión Conocimiento

Así, es posible observar esta estructura de manera completa en la siguiente figura:

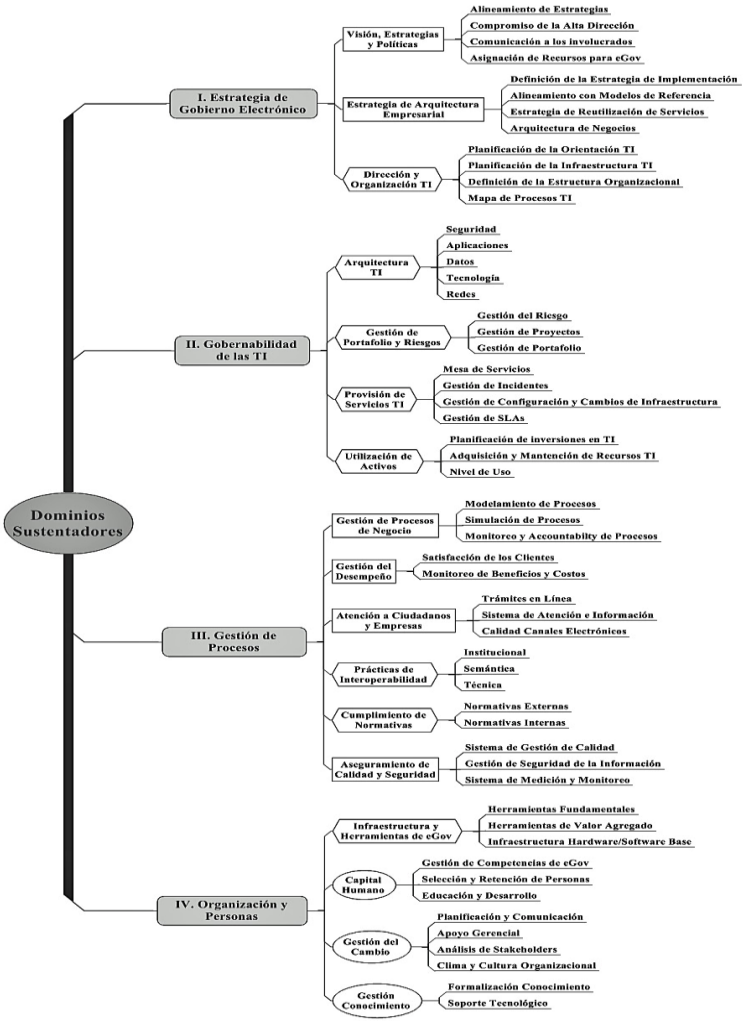


Figura 2.5: Estructura eGov - MM (Fuente [6])

2.8.2 Cálculo Nivel de Madurez

Para determinar el NC de cada VC presente en un ACD es necesario evaluar los siguientes aspectos en relación a la VC en cuestión: conciencia, entrenamiento del capital humano, comunicación al interior de la organización, procedimientos y prácticas, cumplimiento de estándares y normas, herramientas de apoyo y automatización e involucramiento y responsabilidad del personal. Esta evaluación se realiza de acuerdo a la información obtenida a partir de la organización en base a

cuestionarios. Luego los niveles de capacidad de cada VC se ponderan según su importancia y así el resultado de la suma de todas las ponderaciones de VC dentro de un ACD entrega el nivel de capacidad del ACD, según [6] se tiene:

$$NC(ACD) = \sum_{i}^{n} NC(VC_i) * P_i \quad (2.6)$$

Donde $P_i = [0,1] \ / \ P_i \in \Re \wedge \sum^n P_i = 1$ es el ponderador de VC_i y $NC(VC_i) \in \{1,2, \dots ,5\}$

La importancia o ponderación de cada VC estará determinada de acuerdo a las prácticas internacionales y la opinión de expertos.

Finalmente el cálculo del nivel de madurez organizacional NM dependerá del NC de cada ACD de manera que se podrían generar distintas configuraciones a partir de conjuntos de ACDs con NC similares, es decir:

$$NM_1 = Config_1(NC(ACD_1), \dots, NC(ACD_i))$$
$$NM_2 = Config_2(NC(ACD_1), \dots, NC(ACD_j))$$
$$\dots$$
$$NM_5 = Config_5(NC(ACD_1), \dots, NC(ACD_k))$$

Este mecanismo permite definir cuáles ACDs son prioritarios en un NM dado, por lo tanto exigible para ese nivel.

2.8.3 Validación

La evaluación de este modelo está definida por la metodología *eGovernment Maturity Evaluation Methodology* (eGov-MEM), la cual establece los pasos para realizar una evaluación a una organización utilizando eGov-MM. Esta metodología de evaluación, eGov-MEM, utiliza una herramienta web llamada *eGovernment Maturity*

Evaluation Tool (eGov-MET) la cual soporta el proceso de levantamiento y procesamiento de la información que se genera en cada evaluación basada en el modelo. Estas evaluaciones están organizadas en forma de proyectos en el cual también se incluye la especificación de un camino para el mejoramiento de capacidades y escalar en el modelo.

El modelo se validó en Chile en abril del 2008 a través de una aplicación piloto entregada a funcionarios públicos pertenecientes a una muestra de nueve instituciones de servicio en la región Metropolitana de Santiago. De esta manera, por cada institución de servicio evaluada se requirió de la participación de tres funcionarios encargados de un área específica de la organización (director operativo, jefe de informática y jefe de recursos humanos). En total fueron 20 funcionarios los que validaron la estructura, aplicabilidad y esquema de cálculo del NM del modelo.

2.9 Modelo de madurez para residuos sólidos domiciliarios (MMRS)

Este modelo desarrollado por Rodrigo Russel en [7] se confeccionó fundamentalmente para la evaluación de los procesos ligados al tratamiento de residuos sólidos domiciliarios y seguir su evolución dentro de las municipalidades del país. La herramienta está diseñada para integrar las mejores prácticas de la industria y medir el nivel de desarrollo del municipio en la gestión de RSD, además se toma en cuenta la variabilidad de las municipalidades en relación a su tamaño, uso de tecnologías y otras características.

2.9.1 Estructura

El modelo está compuesto por 3 dominios, 9 subdominios y 35 variables críticas

Figura 2.6: Estructura MMRS (Fuente [7])

2.9.2 Cálculo del nivel de madurez

El cálculo del nivel de capacidad para cada subdominio está dado por la suma de los niveles de capacidad de cada VC las cuales son ponderadas a su vez por el peso de cada VC de acuerdo a su importancia. De esta forma se tiene:

$$NC_{SD_i} = (nivel(VC_1) * P_1 + \cdots + \ nivel(VC_n) * P_n) \ (2.7)$$

$$con\ 1 \leq nivel(VC) \leq 4\ \wedge 0 \leq P \leq 1$$

Luego, el nivel de madurez (NM) del municipio estará dado por el promedio aritmético de los NC de los SD:

$$NM = \frac{NC_{SD_1} + NC_{SD_2} + NC_{SD_3}}{3} \quad (2.8)$$

2.9.3 Validación

El modelo se validó gracias a la participación de siete municipalidades de Santiago, entre las cuales se encuentran la municipalidad de Providencia, Ñuñoa, Vitacura, Las Condes, La Florida, Santiago y Peñalolen.

De esta forma se crearon los distintos perfiles de usuarios dentro de la plataforma para cada municipalidad quienes debían responder un cuestionario de 35 preguntas. Así en la medida que estas personas fueran contestando las preguntas se les solicitó entregar una retroalimentación u observaciones respecto al proceso.

La plataforma utilizada fue desarrollada en conjunto por el autor de este trabajo y el Centro de Gobierno Electrónico de la UTFSM. Este sistema se confeccionó en PHP utilizando MySQL como motor de base de datos.

2.10 Modelo de Madurez en la implementación de Gobierno Electrónico basado en análisis de indización digital de las municipalidades

En este trabajo [8] Pablo Ubeda presenta los antecedentes y desarrollo de las distintas implementaciones de Gobierno Electrónico en el mundo y así mismo el avance de los modelos de madurez para facilitar aquella implementación. Además, y como tema principal, el estudio se centra en la necesidad de aplicar un modelo de madurez que permita a las municipalidades mejora la forma en la cual se adaptan a las Tecnologías de Información y Comunicaciones (TIC). Para ello se propone el desarrollo de un "Sistema de Indización Digital de los Municipios de Santiago", como diagnóstico, con el fin de poder generar finalmente un modelo de madurez que permita a las organizaciones municipales mejora la forma en que utilizan y disponen la información a los ciudadanos.

Para llevar a cabo esta tarea el autor se basó en la implementación de E-Gov-MM, descrito anteriormente, debido a este modelo ya había sido ampliamente validado en otras instituciones públicas y a partir de aquello se le habían implementado algunas mejoras, como por ejemplo, incorporación de retroalimentación por parte de participantes, implementación de generación de "roadmaps" y desarrollo de herramienta web para la auto evaluación.

Sin embargo, de acuerdo con lo anterior, el autor identificó, luego de implementar el modelo EGov-MM tal cual estaba definido, que no era suficiente según las distintas realidades de los municipios evaluados, sino que era necesario integrar algunos conceptos para optimizar el modelo, dentro de estos conceptos se encuentra el de "Gobierno Abierto", el cual representa una comunicación permanente y transparente entre la administración pública y la ciudadanía. Dentro de este concepto global de Gobierno Abierto se encuentran tres conceptos clave: Transparencia, Colaboración y

Participación, y son estos tres elementos los que el autor trata de plasmar al modificar el modelo como se aprecia en el siguiente punto.

2.10.1 Estructura

Como se menciona anteriormente este modelo se basa en la implementación de EGov-MM, descrito en el punto 2.9, por lo que su estructura es la misma a la del modelo señalado, 4 Dominios Sustentadores y 17 Áreas Clave con sus respectivas Variables críticas. Luego, posterior a la primera evaluación con el modelo canónico, se añaden las siguientes variables al modelo:

- Trámites en Línea.
- Sistema de Atención e Información.
- Calidad de Canales Electrónicos.
- Web Social: Medidas sencillas. Haciendo la web municipal más social.
- Participación: Participación en redes sociales.
- Datos Públicos: Apertura de datos públicos (“Open Data”).
- Transparencia: Hacer más transparente la gestión municipal.
- Escucha Activa: Escucha activa en redes sociales.
- Colaboración Ciudadana: Plataformas de participación y colaboración ciudadana.
- Aplicaciones Públicas: Promover el desarrollo de aplicaciones con datos públicos por terceros.
- Participación Interna: Fomentar la participación interna en el Municipio.
- Trabajo Colaborativo: Utilizar herramientas de trabajo colaborativo interno.

2.10.2 Cálculo de nivel de madurez

Al igual que lo señalado en el punto anterior, este trabajo se basa en la implementación de EGov-MM, por lo tanto el cálculo del nivel de madurez para este modelo ya fue descrito en el punto 2.9.2.

2.10.3 Validación

Para la validación de este modelo se acudió a 34 comunas de la Región Metropolitana, las cuales se auto evalúan mediante la plataforma web provista por el autor.

2.11 Modelo de Madurez de Capacidad para la Innovación, caso Chile

En este trabajo [9] el autor diseña un Modelo de Madurez de capacidades para lograr medir el nivel de desarrollo en la innovación en las organizaciones chilenas, así mismo el autor elabora un algoritmo integrado capaz de generar las hojas de ruta o "roadmaps" asociadas a las evaluaciones de manera automática.

El método de evaluación es un sistema web a base de encuestas el cual se aplica a 6 organizaciones chilenas, los resultados obtenidos se analizan para determinar la valides y aceptación del modelo y la metodología de evaluación que se utiliza.

2.11.1 Estructura

El modelo se compone de tres áreas de procesos principales que abarcan los elementos fundamentales en el tema de la innovación, estas agrupaciones corresponden a: Cultura Organizacional, Procesos de Innovación y Conocimiento y Competencias. Así mismo el modelo incorpora 5 niveles de madurez de los cuales el primero no se

evalúa, entre ellos se encuentran los niveles: Inicial, Innovación Definida, Innovación Gestionada, Innovación Alineada, Innovación Optimizada. Cada nivel estará compuesto por procesos de las distintas áreas de procesos antes mencionadas, que en conjunto formarán las características que la organización debe tener para cumplir con los niveles del modelo de madurez de capacidad.

2.11.2 Cálculo de nivel de madurez

La base para el cálculo del nivel de madurez corresponde a una encuesta que contiene la representación de cada objetivo o variable de todos los procesos. En esta representación se agrupa los procesos de cada área, según los objetivos de cada uno de ellos, por lo que para determinar el nivel de capacidad de un proceso, se asigna una ponderación o "peso" a cada variable dentro de cada proceso. Esta ponderación, representa la importancia que tiene cada variable dentro del. A su vez, cada proceso también tiene una ponderación dentro de todos los procesos que componen un determinado nivel de madurez. Ambas ponderaciones deben cumplir que la suma de los pesos dentro del proceso o área, dé como resultado 100. A continuación la fórmula que describe el porcentaje de cumplimiento de cada proceso:

$$\%Cumplimiento = \frac{\sum Peso\ variable * Peso\ procesoo}{100} \quad (2.9)$$

2.11.3 Validación

La validación del modelo se hace a partir de una encuesta dirigida a las personas o cargos involucrados en el proceso de innovación de las organizaciones evaluadas. La metodología consiste en asignar una ponderación a cada proceso y a su vez, cada proceso tiene una ponderación de acuerdo al cumplimiento de sus objetivos. Cabe destacar que para que una organización obtenga un nivel de madurez no es necesario

que tenga que cumplir con todos los objetivos de cada proceso de ese nivel, sino más bien, este dependerá de la ponderación final que obtiene de los objetivos y de los procesos de ese nivel.

2.12 Modelo de Madurez para guiar la evolución de las ciudades hacia las "Smart Cities"

En este trabajo [10] se describe el desarrollo e implementación del piloto MM-SC, el cual es un modelo de madurez para guiar la evolución de las ciudades hacia las "Smart Cities". El modelo posee una jerarquía de 3 dominios: Medio Ambiente, Movilidad, Gobierno. Los cuales poseen subdominios que a su vez poseen en sus respectivas variables críticas, con un total de 14. La implementación de éste es a través de una herramienta web basada en desarrollos anteriores de modelos de madurez de la UTFSM. La validación se realizó con la participación de una Institución con basto conocimiento en Chile y participante activa internacionalmente

2.12.1 Estructura

El modelo se compone de 3 agrupaciones jerárquicamente ordenadas: Dominios, Subdominios, Variables Críticas, de esta forma se tiene 3 Dominios principales, 8 Subdominios y 15 Variables Críticas, entre los cuales se encuentran:

- Dominio "Medio Ambiente"
    - Subdominio "Planteamiento Urbano Sustentable"
        - Edificios Inteligentes
        - Áreas verde por persona
    - Subdominio Gestión de recursos
        - Consumo eléctrico
        - Huella de Carbono

        - Desechos generados
- Dominio “Movilidad”
    - Subdominio “Transporte Eficiente”
        - Transporte público limpio
    - Subdominio Acceso Multi-Modal
        - Uso del transporte público
        - Ciclo vías
    - Infraestructura Tecnológica
        - Información en tiempo real
        - Acceso a carga de baterías
- Dominio “Gobierno”
    - Subdominio Servicios en línea
        - Trámites online
    - Subdominio Infraestructura
        - Cobertura Wifi
        - Sensores
    - Subdominio Gobierno Abierto
        - Datasets
        - Open Data

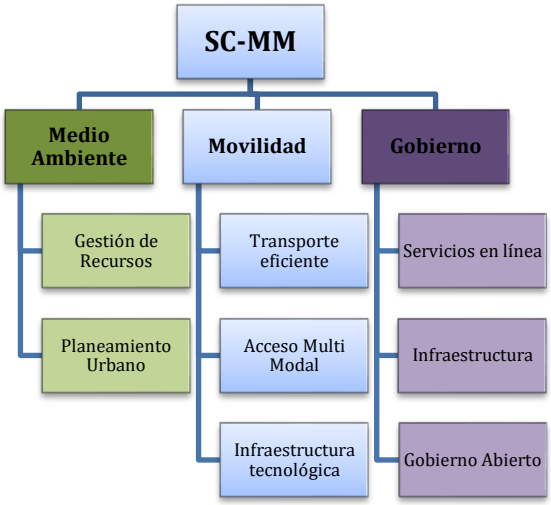


Figura 2.7: Estructura SC-MM (Fuente [10])

2.12.2 Cálculo de nivel de madurez

El nivel de madurez está definido por la "Capacidad", ésta es una propiedad de los Subdominios la cual se determina con el "Nivel de Capacidad" (NC) de las variables críticas (VC). Cada una de las variables posee un peso y la suma de éstos genera un 100% dentro de cada subdominio, este peso cumple el objetivo de dar la importancia entre las diferentes variables, por tanto se ponderarán (promedio aritmético) obteniendo el Nivel de Capacidad de un SD.

$$NC_{SD} = \left[\frac{\sum NC(Variable_i \cdot peso_i)}{número\ de\ variables\ en\ el\ SD}\right] \quad (2.10)$$

2.12.3 Validación

Para validar el modelo desarrollado, se buscó la opinión de una organización que estuviera relacionada con el concepto "Smart Cities", la cual ya se encontrase inmersa en los conceptos, plataformas y estudios de investigación o motivando iniciativas en el área. Siendo fundamental el conocimiento de ésta respecto del tema tratado y todos sus alcances. De esta manera La organización elegida fue "Fundación País Digital" (FPD), fundada por empresarios y universitarios chilenos el año 2001, con el objetivo y compromiso de trabajar en conjunto con todos los sectores de la sociedad para impulsar el desarrollo de las tecnologías en Chile. Es una fundación sin fines de lucro que tiene como finalidad investigar, difundir, promocionar y desarrollar las ciencias tecnológicas.

2.13 Comparación de Modelos

A continuación se muestra una tabla comparativa de los modelos, elaborada por el autor del presente trabajo, de manera de ejemplificar gráficamente las similitudes o diferencias en cuanto al diseño de los mismos, los cuales a su vez tienen sus bases en modelos utilizados mundialmente. Por otro lado intentar justificar el hecho de necesidad de unificación y desarrollo de un esquema estándar para el diseño de modelos de madurez.

Tabla 2.1: Comparación de modelos

Modelo	Dominios	Subdominios	Variables	Niveles de Madurez	Roadmap Automático
ICTE	5	25	103	5	Si
Asesorar el uso de TIC en educación	4	20	75	4	Si
Open Data	3	9	33	4	Si
MMMOD	3	9	33	4	Si
E-GOV	4	17	55	5	No
Residuos Solidos	3	9	35	4	Si
Indización Municipalidades	4	17	67	5	Si
Innovación Chile	3	-	31	5	Si
Smart Cities	3	8	15	4	Si

2.14 Antecedentes

Finalmente se tiene que una de las grandes motivaciones para realizar el presente trabajo proviene de las constantes solicitudes que llegan al Depto. de Informática con respecto al diseño o implementación de modelos de madurez, gran cantidad de personas, entre las cuales existen funcionarios de instituciones públicas y privadas, docentes de otras universidades nacionales y extranjeras y hasta alumnos (pregrado y doctorado) de otras casas de estudio nacionales y extranjeras también, han solicitado una instancia de alguno de los modelos desarrollados por la universidad. Entre todas las solicitudes es posible destacar algunas como por ejemplo, desde Tanzania, Kenia y Costa de Marfil la organización GESCI [1] (*Global e-Schools and Communities Innitiatives*) ha solicitado la utilización de la herramienta ICTE-MM, para la evaluación del desarrollo de las tecnologías en la educación. Otra iniciativa bajo el mismo ámbito proviene de Liberia, también solicitando la plataforma ICTE-MM. Por otro lado Innova & Smart Consulting de Panamá han solicitado el uso de la plataforma eGov-MM. Desde Mexico también han llegado solicitudes para la plataforma ICTE-MM para la evaluación de un colegio. Desde la Universidad Católica Boliviana, un estudiante de maestría ha solicitado la plataforma eGov-MM. Y así muchos otros casos que no han podido ser respondidos debido a la demanda que genera disponibilizar una plataforma para cada solicitud.

Es por todo eso que se hace necesario disponer de una plataforma que permita la flexibilidad para la generación de modelos de madurez a un bajo costo.

[1] gesci.org

Capítulo 3: Definición y uso de la herramienta

Luego de establecer el contexto sobre el cual se ha desarrollado esta solución, en este capítulo se pretende abarcar el tema de trabajo propiamente tal, describiendo todos los ámbitos de la solución propuesta, entre los cuales se encuentra la preparación del entorno de trabajo, el proceso de puesta en marcha, la configuración y generación de un modelo y finalmente la utilización de la misma por los usuarios finales.

En este sentido, la plataforma en la cual se basa la solución propuesta (OD-MM), consiste básicamente en un sitio web enfocado en la autoevaluación de instituciones, generalmente de carácter público, que posean procesos basados en "Open Data". Esta plataforma fue desarrollada en lenguaje PHP utilizando como motor de base de datos MySQL y se encuentra desplegada dentro de un servidor apache en las dependencias de la Universidad Federico Santa María en el Campus San Joaquín. Además, para su elaboración, se utilizó un framework propio del autor en [7] que separa las vistas de la capa de negocio, la cual es organizada en módulos según los requerimientos del propio sistema.

Es, entonces, aquella herramienta la base para el desarrollo de esta nueva plataforma que busca utilizar las funcionalidades principales de aquel sitio, pero sin amarrarse a un modelo de evaluación en particular, si no que abrir la posibilidad de utilizar cualquier modelo diseñado por el usuario dentro de la misma herramienta y, además, entregar las indicaciones necesarias para replicar esta nueva plataforma dentro de otros servidores.

De esta forma, a continuación se procede a describir el proceso de puesta en marcha o despliegue de la plataforma, seguido de los pasos para elaborar un modelo y luego utilizarlo realizando una evaluación.

3.1 Puesta en marcha

Este proceso se inicia preparando el entorno de trabajo. Para poder desplegar el sitio en un nuevo servidor habrá que disponer del entorno adecuado para su despliegue, la página no requiere de ningún software o hardware especializado más que un computador o servidor con sistema operativo Linux o Windows, instalación de servidor Apache, motor de lenguaje PHP y servidor de bases de datos MySql (en el anexo se describe la instalación de una plataforma Linux con servidor Apache, base de datos MySql y lenguaje de programación PHP). Como se ha mencionado anteriormente, la plataforma se encuentra dentro de un "virtualhost" en Apache dentro de los servidores del Departamento de Informática en la Universidad Federico Santa María Campus San Joaquín. En donde es administrada por el encargado de sistemas del Departamento.

Luego, para poder realizar todas las modificaciones necesarias al sitio de OD-MM bajo un entorno de pruebas seguro, sin afectar la página final de la herramienta, el autor utilizó la herramienta Wampp[2], la cual consiste principalmente en un entorno de desarrollo web para sistemas operativos Windows el cual permite desarrollar aplicaciones web mediante Apache2, PHP y base de datos MySql, que ya vienen integrados por defecto en la aplicación y solo se necesita mover el directorio raíz de la página al de la aplicación para que funcione, además la aplicación Wampp provee la herramienta "phpmyadmin" para la gestión de la base de datos.

Cabe señalar que en esta sección se describe el proceso de replicación de acuerdo a los procedimientos realizados por el encargado de los sistemas del Departamento de Informática de la UTFSM. De esta manera, si se requiere replicar esta plataforma dentro de la misma universidad, los pasos a seguir se detallan a continuación. Así, todos los sitios web de los modelos de madurez desarrollados en la universidad se encuentran dentro de un mismo servidor físico separados por distintos "*virtualhosts*",

[2] http://www.wampserver.com/en/

esto quiere decir que Apache dispone de una funcionalidad que permite mantener múltiples aplicaciones web distintas en un mismo servidor físico, solo separadas por carpetas, por lo que todos aquellos sitios desarrollados por alumnos de la universidad a su vez comparten el mismo servidor Mysql manteniendo una carpeta definida para cada uno para guardar sus archivos.

Una vez se tenga el servidor correctamente configurado con los servicios de Apache, PHP y MySql funcionando hay que trasladar el directorio raíz de la página hasta la nueva ubicación definida al configurar el servidor Apache, este directorio va a depender de cada usuario.

Para acceder al directorio de la herramienta se deberá ingresar a través de SSH (*ssh.inf.santiago.usm.cl*) a los servidores de la Universidad mediante las credenciales correspondientes, luego conectarse al servidor de la aplicación, en este caso *frameworkmm.inf.santiago.usm.cl* con usuario "frameworkmm" y contraseña "ZsZFwjXT". Para este procedimiento el autor utilizó la herramienta "WinSCP[3]" que instala el entorno de trabajo automáticamente en un computador con sistema operativo Windows.

Finalmente, teniendo todo el entorno preparado para el despliegue, el proceso de replicación sería el siguiente (de acuerdo a los pasos realizados por el administrador de sistemas en la UTFSM):

1. Se crea el nuevo usuario dentro del servidor y el *virtualhosts* en apache, esto creará las carpetas necesarias sin contenido.

[3] https://winscp.net/eng/docs/lang:es

2. Luego es necesario copiar el contenido de la plataforma (extraído anteriormente) a la nueva ubicación. En la siguiente imagen se muestra el grupo de carpetas y archivos necesarios para el funcionamiento de la plataforma.

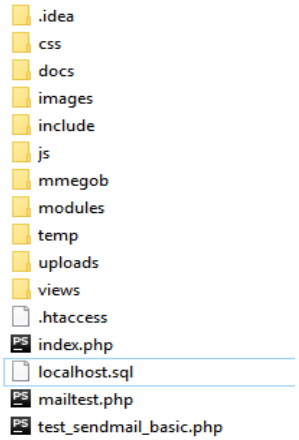


Figura 3.1: Directorio raíz de la herramienta Framework MM

3. Entrar en los archivos de configuración de la página para definir rutas de conexión y corregir permisos en caso de ser necesario. Estos archivos son los siguientes:
   - *config.php* ubicado en la ruta *include/config*
   - *config.js* ubicado en la carpeta ubicado en la ruta *js*

   En el archivo *config.php* se deberán establecer los siguientes parámetros:

   - "BASE_URL": Corresponde a dirección base del sitio, en este caso *frameworkmm.inf.santiago.usm.cl*
   - "SITE_TITLE": Corresponde al título principal de la página, que se verá reflejado en la pestaña del navegador.
   - "ADMIN_MAIL" y "NO_REPLY_MAIL": Corresponde a la cuenta de correo electrónico del administrador del sitio.

Configuración BD.

- “DB_HOST”: Corresponde a la ruta de la base de datos
- “DB_NAME”: Corresponde al nombre de la base de datos.
- “DB_USER”: Nombre del usuario para acceder a la BD.
- “DB_PASS”: Password asociada al usuario del punto anterior.

Configuración SMTP

- “PARAM_CHARSET”: Codificación del texto en el cuerpo del correo.
- “PARAM_MAIL_POSTMASTER”: Dirección de correo encargado de enviar los correos del sistema (por ejemplo, mail@servidor.com).
- “PARAM_MAIL_POSTMASTER_NAME”: Nombre asociado a la cuenta de correo anterior.
- “PARAM_MAIL_MAILER”: Tipo de comunicación de la cuenta de correo, por ejemplo “SMTP”.
- “PARAM_MAIL_HOST”: Servidor del correo. Por ejemplo “smtp.gmail.com”
- “PARAM_MAIL_USERNAME”: Nombre de usuario de la cuenta de correo anteriormente señalada.
- “PARAM_MAIL_PASSWORD”: Contraseña asociada a la cuenta anterior.

Luego, en el archivo *config.js* se deberán establecer los siguientes parámetros:

- “BASE_URL”: Al igual que el campo con el mismo nombre descrito anteriormente, se refiere a la dirección base del sitio, en este caso *frameworkmm.inf.santiago.usm.cl*.
- “SITE_TITLE”: De la misma manera que el campo con el mismo nombre descrito anteriormente, corresponde al título del sitio.

4. Crear la base de datos y mediante el archivo *localhost.sql* se creará la base de datos. En este archivo se encuentra el *script sql* necesario para la creación de tablas y todo lo necesario para generar la base de datos. Este script puede ser ejecutado automáticamente desde algún gestor de bases de datos. Por ejemplo phpmyadmin (utilizado por el autor).

5. Cambiar la imagen principal del sitio o "Banner", para esto se deberá elaborar una imagen que represente al nuevo sitio con las dimensiones 960 pixeles de ancho y 85 pixeles de alto. Esta imagen deberá ser reemplazada en la carpeta "*images*" dentro del directorio raíz de la página, por la imagen que ya se encuentra ahí "toplogo1.png".

3.2 Proceso de diseño de un modelo

A continuación se describirá el proceso de diseño de un modelo de madurez, identificando los elementos necesarios para la creación de aquella herramienta. Se procederá a describir los pasos necesarios para definir los elementos claves tales como Dominios, Subdominios, Variables críticas, y Niveles de madurez dentro de la herramienta.

3.2.1 Perfiles de usuarios

En este sistema existen tres perfiles de usuarios que permiten administrar y realizar la evaluación, el usuario Administrador, Coordinador y Contraparte del dominio.

1. Administrador:

   Este usuario estará encargado de la administración de la página, por lo tanto este perfil no tendrá la posibilidad de iniciar sesión en la plataforma para

contestar alguna evaluación. Mediante este perfil se podrá acceder al “Panel de Control” de la página en la cual se podrá gestionar toda la información relacionada con la creación de cuestionarios (creación de dominios, subdominios, variables críticas, pesos, usuarios, reportes, glosarios), es decir todo el contenido de la plataforma, que a su vez quedará reflejado dentro del sitio habilitado para contestar las evaluaciones.

Este perfil deberá ser creado por el administrador del sistema dentro de la base de datos.

2. Coordinador:

Este tipo de usuario estará encargado de dirigir el proceso de evaluación, será quien defina al usuario o equipo de usuarios encargados de responder las evaluaciones, en este sentido deberá asignar a los usuarios responsables por algún dominio en particular para que respondan los cuestionarios asociados a ese dominio. Además, una vez que las respuestas de cada dominio estén listas será el encargado de validarlas y en caso que corresponda cerrar la evaluación y aceptar o no el “roadmap” generado.

3. Responsable:

Este perfil corresponde al equipo de trabajo elaborado por el coordinador, estará asignado a uno o más dominios del modelo teniendo que responder las diferentes encuestas asociadas a ellos, también podrá visualizar las respuestas de los otros dominios y además podrá ver los “roadmaps” generados. Otro aspecto relevante es que tiene la posibilidad de justificar las respuestas realizadas adjuntando un texto que explique por qué se escogió tal nivel de madurez.

A continuación se describirán los aspectos y elementos fundamentales para el diseño y creación de una evaluación. Cabe mencionar que esta labor deberá ser llevada a cabo por el administrador de la plataforma, el cual tendrá que acceder al panel de control autenticándose en la página, donde encontrará el menú de acceso para todas las opciones.

3.2.2 Definición de dominios

Para la creación de dominios el usuario administrador deberá seleccionar la opción "Dominios" ubicada en el panel de control dentro de la herramienta, al ingresar se mostrará la lista de dominios que ya hayan sido creados identificando su nombre, sigla, descripción y además las opciones para editarlo o eliminarlo si aquel fuera el caso (ver figura 3.algo). En caso de no existir dominios se muestra lista vacía.

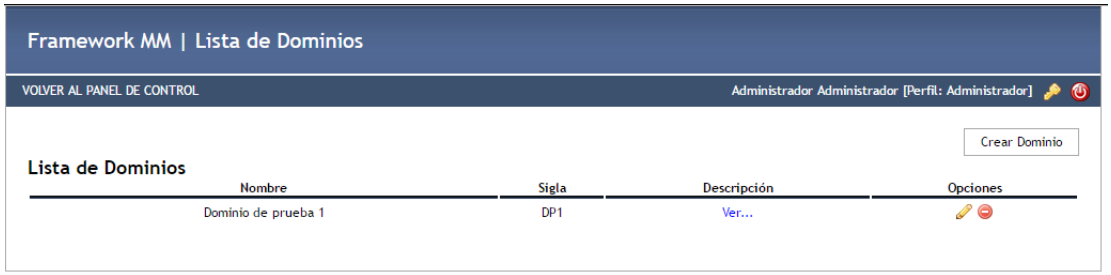


Figura 3.2: Lista de Dominios (Fuente: Elaboración propia)

De esta manera, en caso de ingresar por primera vez al sistema deberán crearse todos los dominios dentro de esta opción. Para ello el usuario tiene que ingresar en la opción "Crear Dominio" ubicada en la esquina superior derecha del menú como se muestra en la imagen anterior. Dentro de esta opción el administrador dispondrá de un formulario para la creación del dominio correspondiente, con los campos "Nombre", "Sigla", "Descripción" y "Opciones" como se muestra en la figura 3.3:

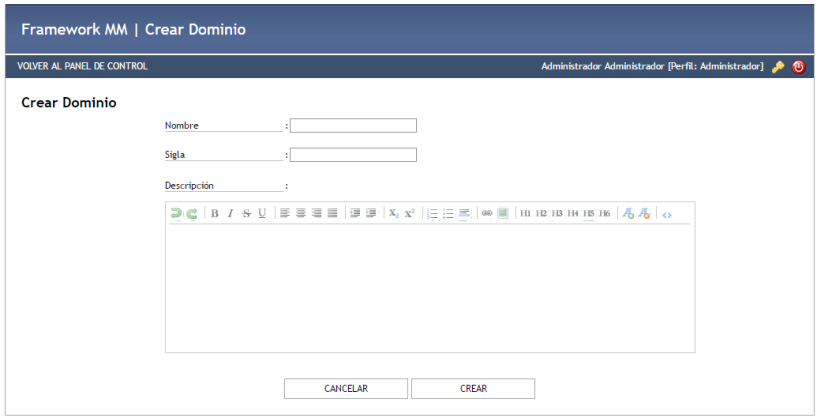


Figura 3.3: Formulario para creación o edición de Dominios (Fuente: Elaboración propia)

Así como este formulario es presentado a la hora de crear un dominio, si se desea editar un dominio ya creado anteriormente, el usuario también podrá ver el contenido de éste en este mismo formulario, esto, accediendo en la "Lista de Dominios" a la opción de edición o en caso de requerir borrarlo también se realizará desde otra opción dentro del mismo lugar. En la siguiente figura se muestran las opciones para la edición y eliminación de un dominio.

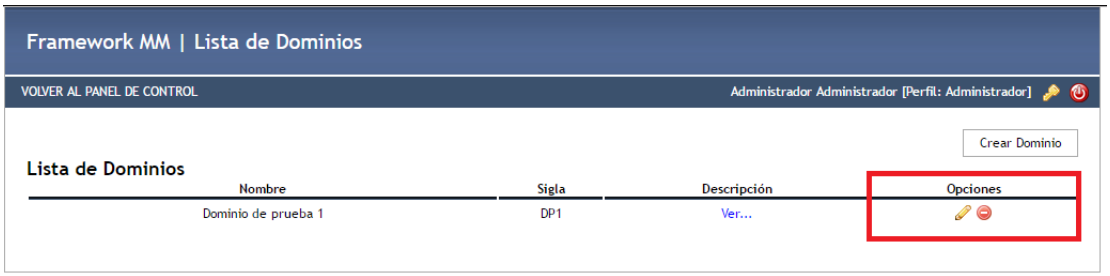


Figura 3.4: Opciones para edición o eliminación de dominios (Fuente: Elaboración propia)

De esta manera se podrá generar la cantidad de dominios que el usuario disponga en su modelo.

3.2.3 Definición de sub dominios o cuestionarios

Una vez la creación de los dominios haya finalizado hay que dar paso a la generación de subdominios, para esto el administrador deberá ingresar al panel de control nuevamente y escoger la opción “Subdominios”, en esta sección se interactúa de manera similar a la descrita anteriormente en el caso de los dominios, así, una vez el usuario administrador haya entrado en este lugar se desplegará la lista de subdominios del sistema, al igual que en los dominios, con los campos “Nombre”, “Sigla”, “Descripción” y “Opciones”. De igual forma que en la creación de dominios para generar un nuevo subdominio hay que seleccionar la opción “Crear Cuestionario” ubicada en la esquina superior derecha de la página como muestra la siguiente figura:

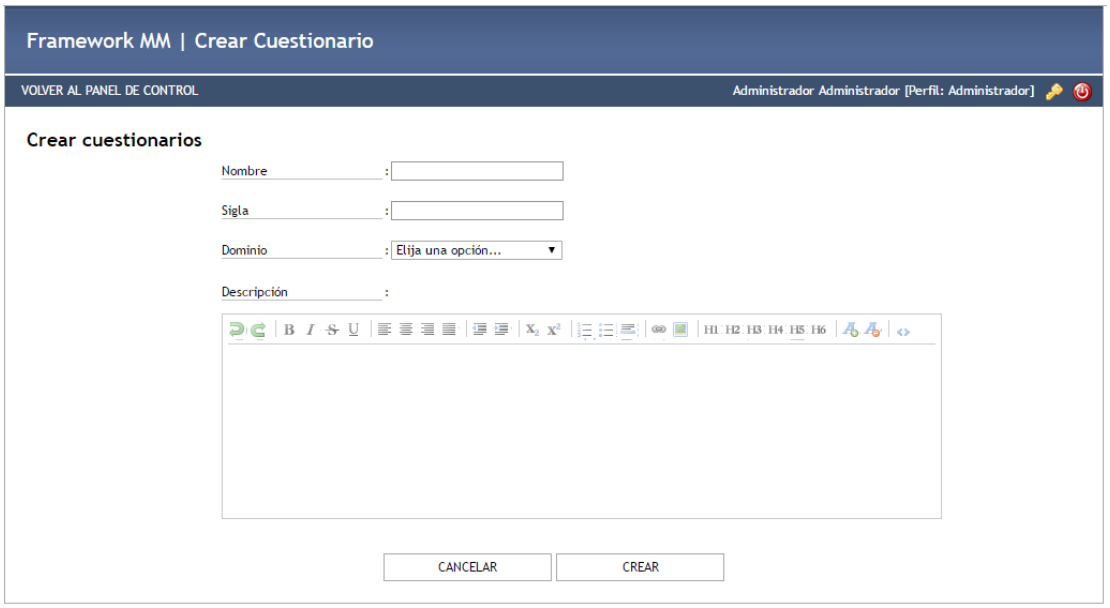


Figura 3.5: Creación de Subdominios (Fuente: Elaboración propia)

En esta pantalla se encuentra un formulario que solicita el ingreso de cuatro campos: Nombre, Sigla, Dominio y Descripción. El campo “Nombre” se explica por si solo y corresponde a la denominación del subdominio o cuestionario creado, luego la “Sigla” corresponde a la nomenclatura abreviada del nombre anterior, para el campo “Dominio” se deberá escoger uno de los dominios creados anteriormente y asignarlo

al subdominio, para ello se presenta una lista desplegable con los nombres de todos los dominios creados en el sistema, y por último se encuentra la descripción del cuestionario donde el usuario podrá registrar una breve descripción sobre el contenido del subdominio. Finalmente al presionar el botón “Crear” al final de la pantalla se guardarán los cambios realizados.

De la misma forma que en el caso de los dominios se dispone de las opciones de edición y eliminación de subdominios en el listado de éstos (ver figura 3.4)

3.2.4 Definición de variables

Las variables o variables críticas corresponden a las preguntas propiamente tal de la evaluación, éstas deberán poseer un peso o ponderación de acuerdo a la importancia que se le otorgue dentro del modelo y estarán asociadas a un subdominio y por ende a un dominio particular. Para poder mirar el listado de variables o crear una nueva variable crítica, al igual que en los casos anteriores, el usuario administrador deberá ingresar al menú “Variables (Cuestionarios)” dentro del panel de control, una vez ahí se desplegará la lista con las diferentes preguntas presentes en el sistema.

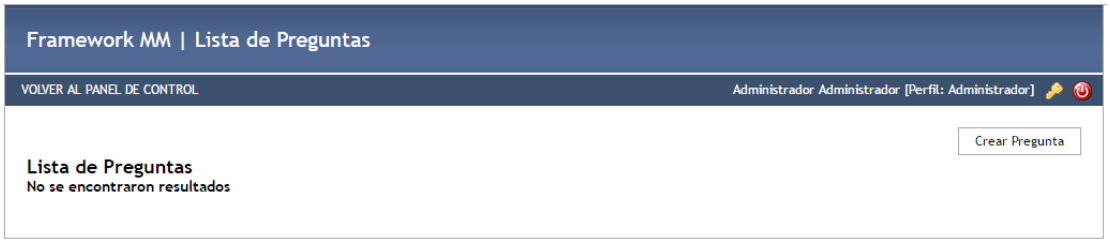


Figura 3.6: Listado de Variables o Preguntas

Siguiendo la lógica de los casos anteriores se permite añadir una nueva variable mediante el ingreso al formulario de creación presionando el botón ubicado en la esquina superior derecha del listado denominado “Crear Pregunta”. Al presionar el

botón anterior se abrirá la página con el formulario para crear una nueva pregunta junto con sus alternativas de respuesta.

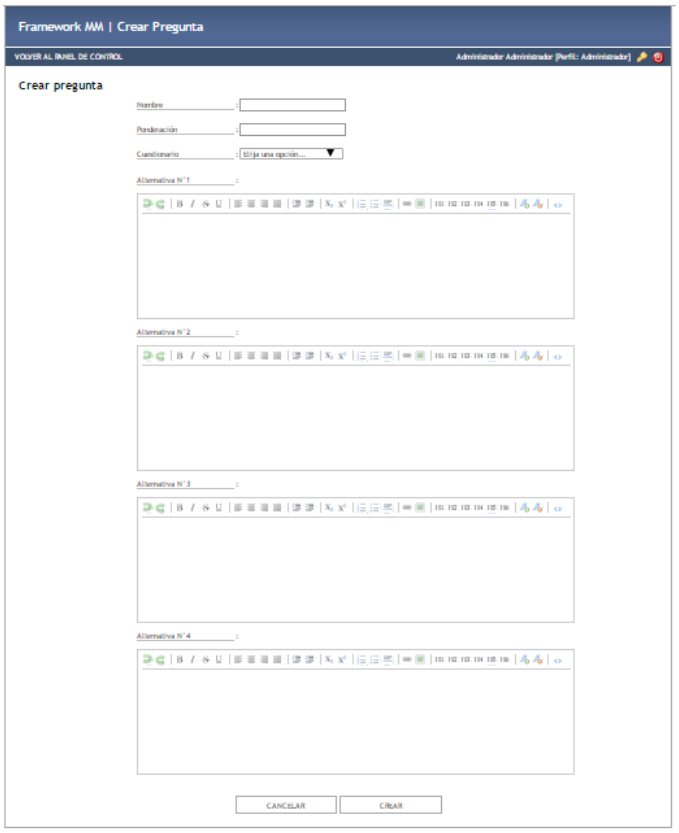


Figura 3.7: Formulario para crear o editar una Variable crítica o Pregunta.

Tal como muestra la imagen anterior la página despliega un formulario donde se le solicita al usuario introducir un nombre a la VC, una ponderación o grado de importancia, asociarla a un SD o cuestionario y definir cuatro alternativas asociadas al grado de cumplimiento de la variable crítica, a su vez estas alternativas están directamente relacionadas con los niveles de madurez o capacidad, de manera que cada alternativa debe representar una respuesta de acuerdo a la situación de la organización con respecto a la variable que se está evaluando. Por ejemplo, en el trabajo realizado en [6] el autor define un Dominio denominado “Gestión”, dentro de este dominio se encuentra el SD “Administrativa” y a su vez dentro de éste existe la variable “Asigna

presupuesto suficiente a Deptos. Aseo y/o Medio Ambiente", de la cual se desprenden las siguientes alternativas:

1. "No existe suficiente presupuesto municipal para cubrir las demandas del departamento"
2. "Se asigna presupuesto que cubre menos del 50% de las necesidades del departamento"
3. "El presupuesto asignado al depto. cubre más del 75% de las demandas"
4. "El presupuesto asignado al depto. es suficiente para cubrir sus demandas e implantar mejoras de forma constante"

Luego, estas alternativas están directamente relacionadas con los niveles de madurez, que se verán en el siguiente punto, de manera que cada alternativa representa un nivel, partiendo desde el nivel más bajo (alternativa 1) hasta llegar al más alto (alternativa 4).

En el caso del modelo mencionado anteriormente en el ejemplo, y en el cual se basa esta plataforma, se prefirió dejar una ponderación igualitaria entre las variables críticas de un subdominio, ya que al ser el primer modelo de madurez orientado a los residuos domiciliarios, no se sabe a priori el peso real que se da en la práctica en los Municipios.

3.2.5 Definición de niveles de madurez o capacidad

Como se mencionó en el punto anterior los niveles de madurez están directamente relacionados con las variables críticas, ya que las alternativas asociadas a éstas le otorgarán el nivel de madurez a la variable y por consiguiente, juntando todas las VC asociadas a un dominio, se determinará el nivel de capacidades de éste. Es por ello que los niveles de capacidad deberán establecerse antes de diseñar las alternativas asociadas a cada variable crítica de tal forma que al momento de establecer las distintas

alternativas para cada variable éstas sean congruentes con los niveles establecidos para la evaluación.

Si consideramos nuevamente el trabajo desarrollado en [6] en este caso el autor propone el desarrollo de 4 niveles de madurez o capacidad, esto a diferencia de otros modelos donde se utilizan 5 niveles de capacidad. Esta característica no solo está asociada al modelo descrito en aquel trabajo, si no que muchos de los otros modelos desarrollados en la UTFSM han adoptado esta metodología (4 niveles de capacidad) debido a que no se permite escoger un punto neutro intermedio, que en el caso de existir 5 niveles el punto medio correspondería al nivel 3, obligando al usuario a establecer un grado de tendencia (más ligado al nivel inferior o más ligado al nivel superior). Así, en el trabajo antes mencionado se establecen los siguientes 4 niveles de madurez:

1. "Nivel 1 (Inexistente): no existe la capacidad o se ejecuta parcialmente, aunque el Municipio ha reconocido la importancia"
2. "Nivel 2 (Incipiente): la capacidad está presente dentro de la gestión de la municipalidad, pero no tiene una formalidad clara".
3. "Nivel 3 (Existente): la municipalidad efectúa esta capacidad de manera formal y tiene documentación al respecto para respaldar sus actos"
4. "Nivel 4 (Avanzado): cumple lo que dice el nivel 3 y se tienen herramientas para un proceso de control y mejora. También según sea el caso cumple con normas internacionales y mejoras prácticas nacionales"

Finalmente es posible identificar que las alternativas asociadas a la variable de ejemplo vista anteriormente se relacionan directamente con estos niveles de madurez.
Luego, dentro de la plataforma, para acceder a la creación de los niveles de madures el usuario administrador deberá ingresar a la opción "Configuración de Variables" dentro del panel de control. Una vez dentro de aquella opción se desplegará la lista de las configuraciones establecidas.

Figura 3.8: Lista de Configuraciones de Variables

En caso de no existir configuraciones el usuario deberá presionar el botón "Crear Configuración" mediante el cual aparecerá un formulario (ver figura 3.9) con el que se podrá definir los valores necesarios para cada niveles de madurez asociados a un "Dominio", "Cuestionario" (o Subdominio) y a una "Pregunta" (o Variable Crítica).

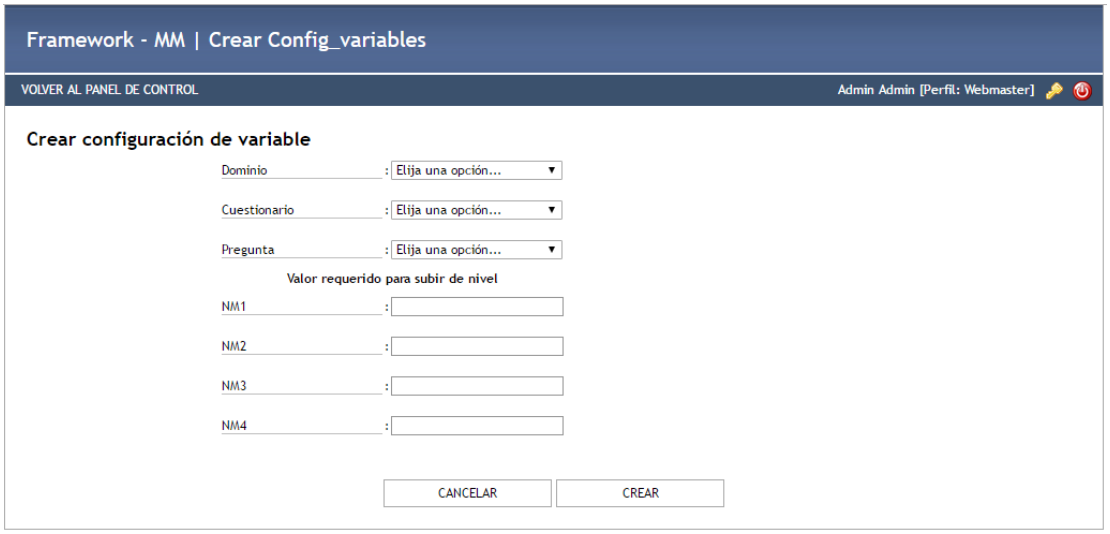


Figura 3.9: Formulario para la definición de los niveles de madurez asociados a una VC

3.2.6 Definición de lineamientos

Los lineamientos de un modelo de madurez están estrechamente relacionados a las variables críticas y a su nivel de capacidad o madurez (NC), ya que representan las actividades necesarias para poder lograr el nivel de madurez deseado, es decir si una variable crítica tiene como respuesta una alternativa que represente el estado de nivel 2, entonces los lineamientos deberán indicar todas las tareas necesarias para avanzar al nivel 3 y/o 4. Es posible que pudieran existir casos donde uno o más lineamientos ayudarán a la organización a cumplir este objetivo.

Luego, para establecer los distintos lineamientos dentro de la plataforma, el usuario administrador podrá acceder al menú correspondiente a partir del panel de control en la opción "Lineamientos", donde se le mostrará una lista con los distintos lineamientos creados en el sistema o, en caso de no existir, se desplegará vacía.

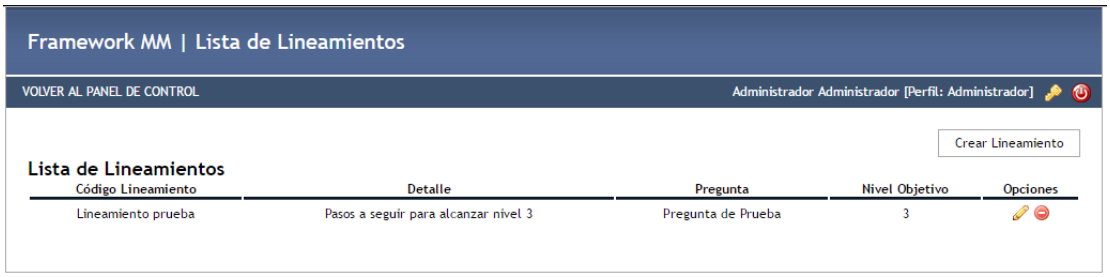


Figura 3.9: Listado de lineamientos

Posteriormente, si el administrador quisiera crear algún lineamiento lo podrá realizar desde el formulario de creación presionando el botón "Crear Lineamiento" ubicado en la esquina superior derecha de la pantalla. Dentro de este formulario se le solicitará al usuario establecer un código o sigla para el lineamiento, una pregunta (o variable) asociada, el nivel objetivo del lineamiento y por último el detalle del mismo, donde se encontrarán todas las indicaciones para subir de nivel.

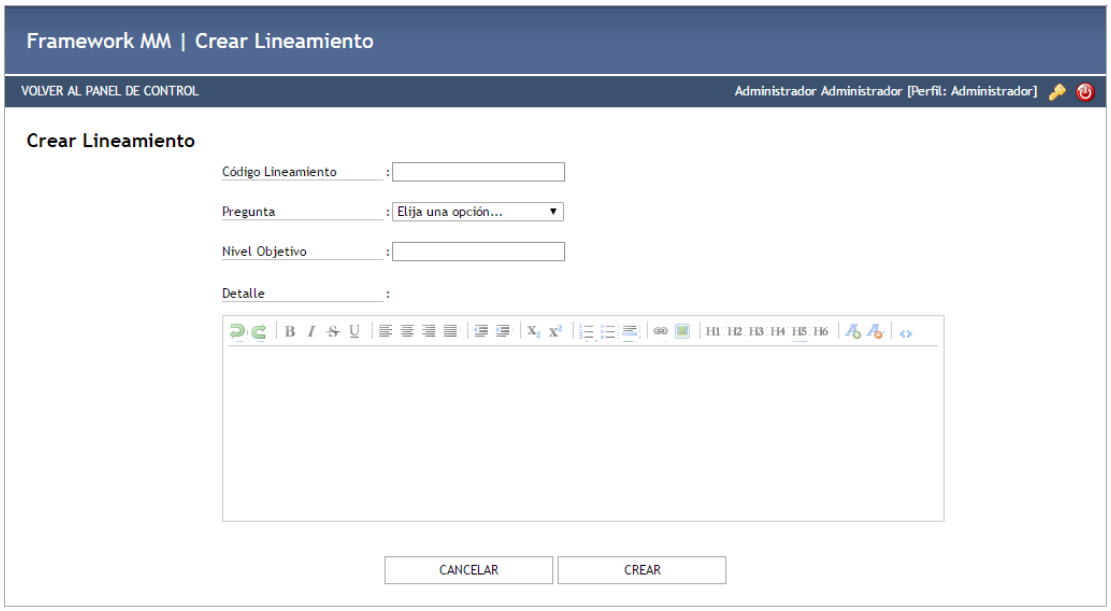


Figura 3.10: Formulario para creación o edición de lineamientos

Al igual que se ha visto en el caso de dominios, subdominios y variables críticas, aquí también se establecen las opciones de edición o eliminación de un lineamiento luego de haberse generado.

3.2.7 Hoja de ruta

Finalmente, una vez los usuarios "Responsables" encargados de responder las evaluaciones de los distintos dominios hayan respondido a estas preguntas, la plataforma se encargará de generar la hoja de ruta o "roadmap" asociado a la evaluación, es decir se liberará un documento mostrando todos los lineamientos necesarios que la institución deberá seguir para poder subir de nivel en el modelo, y por consiguiente, realizar una mejora a sus procesos internos y madurar como organización.

3.2.8 Otros elementos

A continuación, se describen algunos elementos presentes en la plataforma que no influyen de manera directa en el diseño de los componentes del modelo antes mencionados.

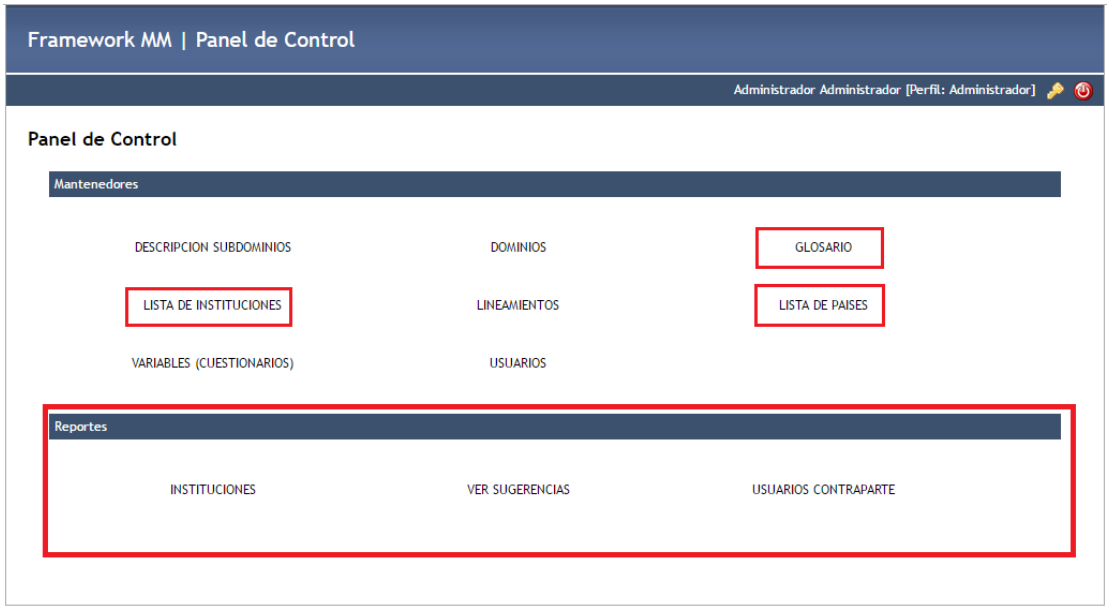


Figura 3.11: Elementos del panel de control que no han sido descritos

Dentro de ellos se encuentran:

- Glosario

  El glosario corresponde a una utilidad de la plataforma donde el usuario administrador podrá definir todos los conceptos trabajados o mencionados en el modelo que requieran alguna explicación o definición de manera que, si el usuario "Responsable" que está contestando alguna evaluación se encuentra con alguno de estos conceptos y no lo entienda del todo, pueda acudir a esta sección y aclarar cualquier duda.

- Lista de Instituciones

  Dentro del panel de control se muestra el submenú correspondiente a "Instituciones" en donde el usuario administrador podrá definir un listado de instituciones participantes del proceso para luego asociar a los distintos usuarios a ellas y dejar establecida la relación entre ellos a nivel de base de datos de manera que quede registrado en las actividades que éstos realicen.

- Lista de Países

  En esta opción el usuario podrá definir una lista de países para asociarlos a los distintos usuarios, esta plataforma cuenta con una lista predefinida de 240 países que se mostrarán al momento de registrarse en la plataforma.

- Reportes

  Dentro del panel de control de la plataforma se encuentra este apartado permitiendo a los usuarios administradores o a los coordinadores obtener la información (o reportes) asociada los siguientes elementos:

  - Instituciones: Se muestran los resultados ("roadmaps") asociados a las distintas instituciones en el sistema.
  - Ver sugerencias: El administrador del sistema podrá ver una lista de sugerencias aportadas por los distintos usuarios del sistema.
  - Usuarios Contraparte: Se muestra una lista con todos los usuarios "Responsables" dentro del sistema.

  Cabe señalar también que el perfil "Coordinador" tiene acceso a las opciones de "Instituciones" y "Usuarios Contraparte" dentro del panel de control, las demás opciones solo las podrá visualizar el usuario administrador.

3.3 Uso de la herramienta

Luego de completar la etapa de diseño descrita anteriormente los siguientes pasos corresponden a la utilización del sistema, es decir, comenzar con la evaluación propiamente tal, para ello se deberán registrar los usuarios Coordinadores y armar sus equipos evaluadores responsables de los distintos Dominios. Por lo tanto a continuación se describirán los pasos o etapas fundamentales que se deberá realizar para comenzar con el proceso de evaluación.

Pasos a realizar:

1. Registrarse en el sistema

   Lo primero que se debe hacer es registrarse en el sistema Framework - MM, en esta plataforma la opción de "Registrarse" permite a un usuario registrarse solo como Coordinador. Por otro lado, cabe señalar que solo se permite un solo Coordinador por Institución, en caso de que algún usuario se intente registrar asociándose a una institución que ya haya sido asignada, entonces el sistema no le permitirá registrarse.

   Luego, para registrarse, se debe hacer clic en el botón Regístrate, en el formulario de acceso ubicado en la parte izquierda de la pantalla (ver imagen 3.algo). Una vez hecho clic se despliega un formulario con los datos a completar para el registro del usuario Coordinador.

Figura 3.12: Enlace de registro

2. Autenticarse en el sistema

Una vez el usuario haya completado el formulario de registro el sistema le enviará un correo electrónico a la dirección introducida en el mismo formulario para validar su cuenta, esta persona deberá aceptar e ingresar al enlace que se le ha enviado, una vez hecho esto ya se encuentra en condiciones de ingresar a la plataforma.

El ingreso al sistema se realiza mediante el nombre de usuario y contraseña definidos en el registro, luego de introducir ambos campos presionar el botón "Login"

Figura 3.13: Ingreso al sistema

3. Definición de equipo evaluador

En este paso el usuario Coordinador que está ingresando al sistema por primera vez deberá crear los distintos perfiles de los usuarios encargados de realizar las evaluaciones (usuarios Responsables).

Ingresando en la opción "Crear Equipo" ubicada en el menú lateral izquierdo de la página se desplegará un formulario para rellenar con los datos de los demás usuarios, esta opción del menú ("Crear Equipo") estará disponible para el usuario Coordinador solo la primera vez que ingrese al sistema, por lo que se deberá tener claro los datos de las personas Responsables antes de comenzar con el proceso.

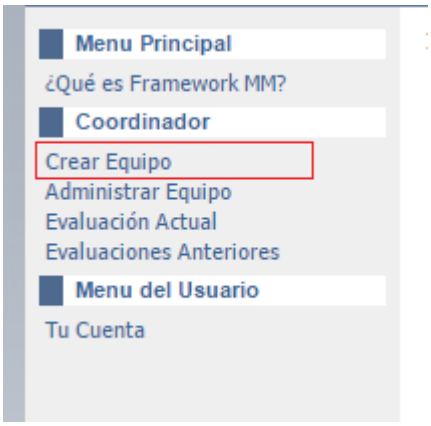


Figura 3.14: Enlace para definir equipo evaluador

Cabe señalar que los usuarios Responsables de un dominio podrán estar asociaos a uno o más dominios a su cargo, sin embargo un Domino solo puede tener un responsable a cargo. Una vez registrado los datos de los usuarios Responsables, recibirán un correo con los datos de acceso al sistema y la información de los dominios a los cuales fueron asignados.

En el caso que el usuario Coordinador ya haya realizado una evaluación mediante esta plataforma, y desea realizar otra evaluación, podrá definir un nuevo equipo de trabajo para ella. Esto, mediante la opción "Administrar Equipo", también dentro del menú izquierdo de la pantalla.

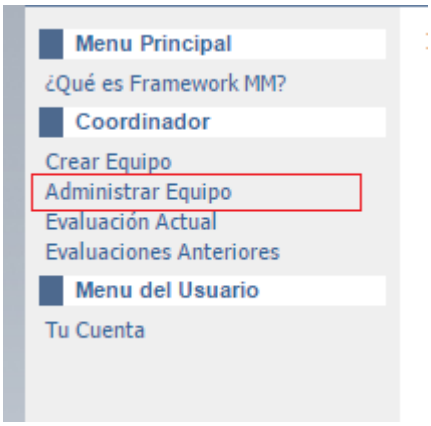


Figura 3.15: Enlace al panel de Administración de Equipo

4. Responder Cuestionarios

Una vez el usuario Coordinador haya definido el equipo de trabajo, los usuarios Responsables recibirán un correo electrónico con los datos asociados al ingreso al sistema. De esta manera los usuarios responsables, siguiendo los pasos señalados para la autenticación, deberán ingresar a la plataforma mediante los datos de acceso señalados en el correo electrónico mencionado anteriormente. Ya estando dentro de la aplicación el usuario Responsable deberá seleccionar la opción "Responder Cuestionarios" ubicada en el menú izquierdo.

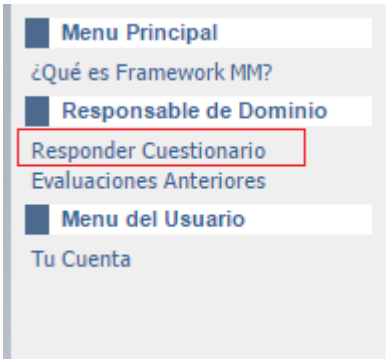


Figura 3.16: Opción "Responder Cuestionarios"

Una vez el usuario presione aquella opción se desplegarán los Dominios del modelo, destacándose en Azul los dominios que son su responsabilidad responder, y en plomo los de otros Responsables. Para responder los cuestionarios se debe hacer clic en el Dominio que desee responder, luego seleccionar el Área clave de dominio que desee responder y a continuación se desplegarán las prácticas que indican más menos en qué nivel se encontraría su institución si realizará dichas prácticas, acá el usuario Responsable, debe seleccionar la Práctica que más se adecúe a su institución. Lo mismo se repite para cada una de las Áreas claves del Dominio asignado.

5. Validar “Roadmap”

Una vez que todos los usuarios Responsables hayan respondido todos los Dominios, es el turno del Coordinador para solicitar la hoja de ruta asociada al proceso. Para ello este usuario deberá ingresar en la opción “Evaluación Actual” ubicada en el menú izquierdo y luego aparecerá un botón denominado “Ver RoadMap”

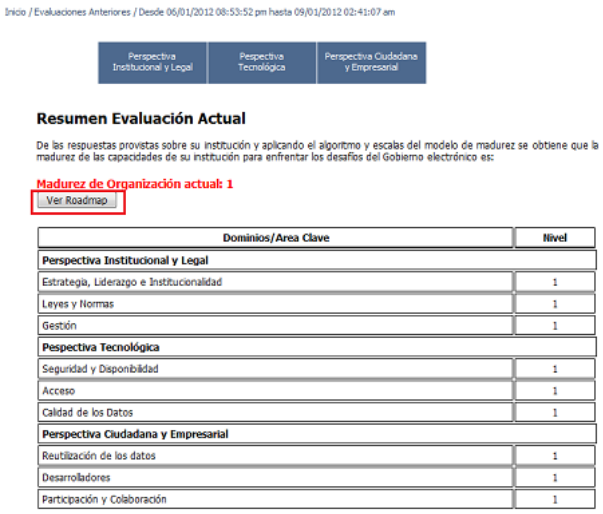


Figura 3.17: Resumen de Evaluaciones

Luego de presionar el botón “Ver RoadMap” se despliegan las iniciativas que debieran realizarse para subir del nivel actual al nivel objetivo. Si el usuario Coordinador está de acuerdo con lo descrito en el “Roadmap” entonces presiona el botón “Aceptar Roadmap”, con lo cual se despliega un mensaje de advertencia, señalando que con esto se da por cerrado el proceso de evaluación y que no se podrán hacer cambios a la evaluación.

En caso de que no esté de acuerdo con lo obtenido en el “Roadmap” se debe hacer clic en el botón “Rechazar Roadmap” con lo cual se vuelve al paso “Responder Cuestionarios” y los Responsables de dominio deberán realizar las evaluaciones nuevamente de acuerdo a las observaciones entregadas por el usuario Coordinador una vez que valide los cuestionarios.

Capítulo 4: Conclusiones

En este trabajo se desarrolla una plataforma capaz de entregar los esquemas necesarios para la elaboración de un modelo de madurez de acuerdo a las necesidades de cada usuario. A partir de una herramienta web, que ya había sido elaborada por la UTFSM para la implementación del OD-MM, se ha confeccionado una nueva plataforma con las herramientas, procedimientos y pautas necesarios para la elaboración de un modelo de madurez, de manera que le permita a cualquier usuario replicar esta herramienta en otro servidor y realizar el diseño de un modelo de madurez desde el comienzo, y además, aparte de permitir el diseño e implementación del modelo, el sistema también proporciona las instancias para la utilización del modelo de manera de obtener los resultados ("roadmap") de manera automática una vez se finalice la evaluación.

4.1. Sobre el trabajo realizado

Si bien este trabajo no resuelve una de las problemáticas principales, que es la generación automática de un sitio como el que se ha elaborado, de manera que los usuarios no tengan la necesidad de replicar ellos mismos el código fuente de la herramienta, sino que una plataforma lo haga de manera automática. La solución desarrollada satisface perfectamente las necesidades de tener una plataforma que proporcione las pautas y esquemas necesarios para la elaboración de modelos de madurez y que además soporte completamente los procesos de diseño, creación y utilización del modelo.

De esta manera se tiene una plataforma web, que permite el acceso a cualquier usuario conectado a internet, poder acceder a ella, basada en las mejores prácticas en cuanto al diseño y desarrollo de modelos de madurez, y que además permite a cualquier usuario utilizarla de forma autónoma, gracias a los manuales que integra la aplicación, así como también poder confeccionar su propia metodología de evaluación en forma de modelo de madurez, con la flexibilidad y facilidad como la que proporcionan algunas

herramientas de la web (como “Google Forms[4]”), pero añadiendo la robustez e integridad que proporcionan todos los estudios y trabajos relacionados a los modelos de madurez, que forman la base de esta plataforma. Lo anterior convierte a ésta herramienta en una opción bastante recomendable si se desea evaluar el estado de una organización de acuerdo al tema que fuere.

Hace algún tiempo se le ha solicitado a la UTFSM el desarrollo de un modelo de madurez para la evaluación de la “Gestión Digital” en las pequeñas y medianas empresas (pymes), para tal tarea se le ha entregado a la universidad la documentación del diseño del modelo, en la cual se especifican Dominios, Subdominios, Variables y los Pesos de éstas, por lo tanto solo se hace necesaria la implementación del mismo. La situación antes mencionada proporcionó la instancia u oportunidad adecuada para la validación de la herramienta diseñada, el desarrollo de la solicitud antes mencionada mediante esta nueva plataforma permitió conocer de manera empírica el funcionamiento de la solución. Es necesario aclarar que la replicación de la herramienta esta vez se hizo mediante el encargado de sistemas del Departamento de Informática de la UTFSM, de esa forma se mantiene el control sobre el código de la página. Sin embargo el diseño y puesta en marcha se realizó tal cual se propone en la solución. Así, se procedió a la creación de los Dominios, Subdominios y Variables especificadas en el documento dentro de la herramienta, sin embargo los distintos niveles de madurez deberán establecerlos quienes solicitaron la creación del modelo, ya que no se encontraban estipulados en el documento entregado.

Finalmente la herramienta permite el diseño y creación de un modelo de madurez, sin embargo se ha quedado a la espera de las tareas que falta realizar por parte de la institución que ha solicitado el modelo para pymes, quienes deberán agregar las alternativas de cada variable representando los niveles de madurez que se hayan

[4] docs.google.com/forms

estipulado, luego de aquello se podrá comprobar el funcionamiento completo de la herramienta.

4.2. Sobre el trabajo futuro

Como se ha mencionado en otras ocasiones, el propósito final de este proyecto es sentar las bases para la creación de una plataforma que sea capaz de generar automáticamente las instancias de diseño y puesta en marcha de los modelos para cada usuario, es decir, no debería existir la necesidad de que el usuario de esta plataforma tenga que replicar manualmente este sitio en otro servidor, para luego tener que cambiar y reestablecer los distintos parámetros de funcionamiento dentro del código del mismo y una vez hecho eso recién tener la posibilidad de comenzar las labores de diseño y preparación del modelo. Si no que la misma herramienta debiese replicar automáticamente un ambiente de desarrollo donde el usuario pueda trabajar de inmediato. Esto no pudo lograrse debido al tiempo requerido, ya que se hacía necesaria una investigación sobre las posibles tecnologías que permitan tal tarea y luego realizar la fase de programación de la plataforma, ya que tal como está diseñada no es posible generar otro sistema que realice la automatización en base a ésta.

Si bien el proceso de replicación manual no resulta ser una tarea tan engorrosa como parece, de todas formas requiere del conocimiento de ciertos conceptos ligados a las áreas de desarrollo web, que no muchas personas manejan. Es por ello que se hace necesaria una plataforma capaz de generar estas “múltiples instancias” del sitio para diferentes usuarios, sea cual sea su conocimiento, de manera automática.

Es por ello que se hace necesaria la validación de la herramienta desarrollada en muchas más instancias de manera que, por lo menos, quede validado el proceso de diseño el cual pueda replicarse en la nueva plataforma. Entonces queda planteada la necesidad de crear una nueva herramienta, que recoja las funcionalidades establecidas por este desarrollo, pero que facilite las labores de replicación o creación de nuevas instancias para los usuarios.

Referencias

[1] M. Solar, J. Sabattin y V. Parada, «A Maturity Model for Assessing the Use of ICT in School Education,» *Educational Technology & Society*, vol. 16, nº 1, pp. 206-208, 2011.

[2] Rebolledo Aliaga, Consuelo María. Modelo de Madurez para asesorar el uso de TIC en educación. Memoria (Ing. Civil en Informática). Santiago. UTFSM, Departamento de Informática, 2013. 103 h.

[3] Solar, Mauricio. Informe Final – Proyecto Open Data. Santiago. UTFSM, Departamento de Informática, 2012. 223 h.

[4] Argandoña Gutierrez, Arturo L. Desarrollo Modelo de Madurez en Gobierno Abierto para Municipalidades. Memoria (Ing. Civil en Informática). Santiago. UTFSM, Departamento de Informática, 2016. 75 h.

[5] Torres Bustos, Cristián. Modelo de Madurez de Open Data Para Organizaciones Públicas. Memoria (Ing. Civil en Informática). Santiago. UTFSM, Departamento de Informática, 2012. 142 h.

[6] Valdés, Gonzalo. Modelo de Madurez y Capacidad de Implementación de Gobierno Electrónico en Instituciones Públicas. Memoria (Ing. Civil en Informática). Valparaíso. UTFSM, Departamento de Informática.

[7] Rusell González, Rodrigo Javier. Modelo de Madurez para Residuos Sólidos Domiciliarios. Memoria (Ing. Civil en Informática). Santiago. UTFSM, Departamento de Informática, 2017. 119 h.

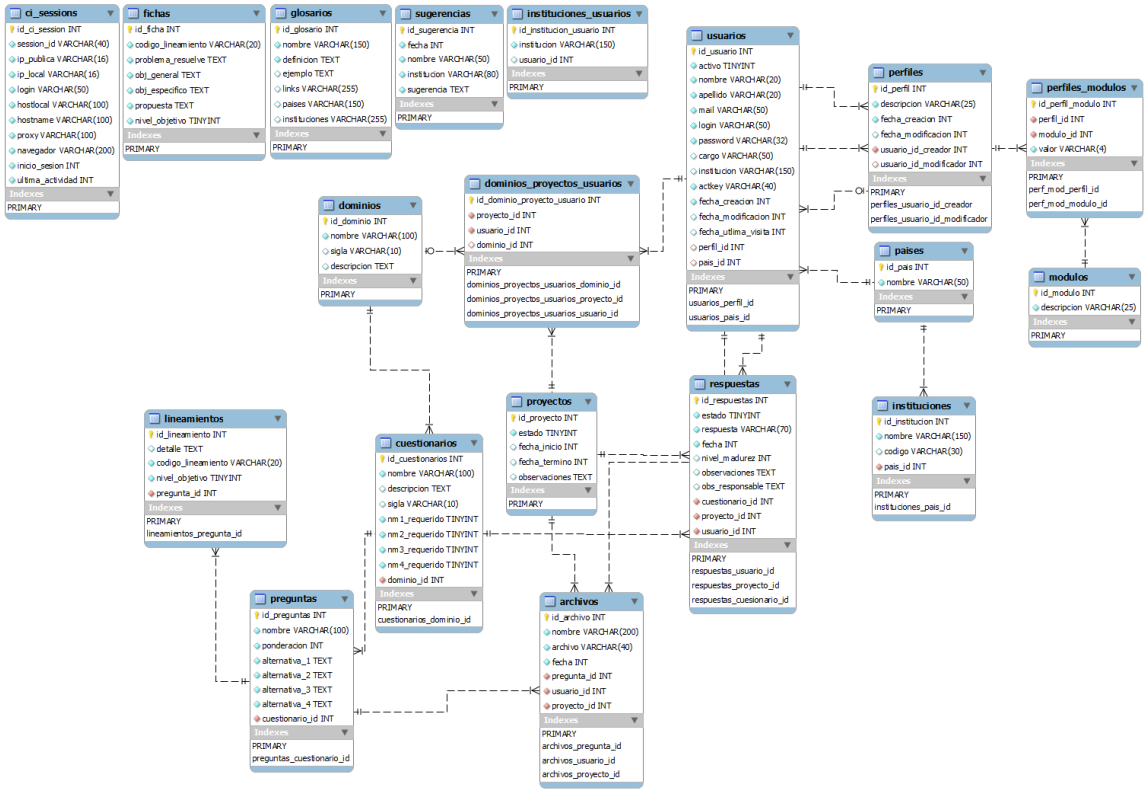
[8] Ubeda Concha, Pablo Andrés. Modelo de Madurez en la implementación de Gobierno Electrónico basado en Indización Digital de las Municipalidades. Memoria (Ing. Civil en Informática). Santiago. UTFSM, Departamento de Informática, 2011. 107 h.

[9] Gutierrez Blanco, Osvaldo Adolfo. Modelo de Madurez de Capacidad para la Innovación, caso Chile. Memoria (Ing. Civil en Informática). Santiago. UTFSM, Departamento de Informática, 2013. 93 h.

[10] Valenzuela Acuña, Juan. Modelo de Madurez para guiar la evolución de las ciudades hacia las “Smart Cities”. Memoria (Ing. Civil en Informática). Santiago. UTFSM, Departamento de Informática, 2015. 50 h

Anexo

- **Esquema de base de datos**



- **Instalación servidor LAMP**

A continuación se describirán los pasos principales para el despliegue de una plataforma LAMP (Linux, Apache, MySql, PHP).

Algunos aspectos previos:

- Obtener e Instalar Ubuntu: lo pueden obtener desde la página Oficial de Ubuntu, si el servidor Web LAMP sólo lo van a utilizar como servidor les aconsejo descargar la versión de servidor. Igualmente se puede hacer la instalación sobre la versión de Escritorio de Ubuntu.

- El servidor debe tener al menos 256 MB de memoria RAM, si no saben cuanta memoria tiene su PC simplemente ejecuten free -m en el terminal si donde dice total es mayor a 256 están bien. Yo personalmente recomiendo tener al menos 512 MB de memoria RAM

- También pueden probar instalando el servidor en una máquina virtual ya sea con "virtualbox", "vmware", "kvm" o el manejador de máquinas virtuales de su preferencia.

- Si van a hacer la administración del servidor LAMP de manera remota les aconsejo instalar openssh-server (*sudo aptitude install openssh-server* desde Ubuntu).

Para realizar esta instalación se debe tener conocimientos básicos sobre Linux, tener instalado alguna distribución de este sistema y poseer privilegios de súper usuario (*sudo* en Ubuntu). Para este caso se instalarán los componentes sobre una máquina virtual con Ubuntu 16.04

1. Instalación de Apache y permitir acceso a través de Firewall

   Para la instalación del servidor web Apache primero actualizar el repositorio con

$$\$\ sudo\ apt - get\ update$$

Una vez actualizado el repositorio de aplicaciones se procede a instalar Apache

$$\$sudo\ apt - get\ install\ apache2$$

Luego el sistema validará la instalación preguntando si desea o no continuar, para continuar presionamos “y” y damos “Enter”.

Función	Comando
Iniciar Apache	sudo service apache2 start
Detener Apache	sudo service apache2 stop
Reiniciar Apache	sudo service apache2 restart
Estatus Apache	sudo service apache2 status

2. Definir nombre del servidor

Para definir el nombre del servidor se deberá editar el archivo “apache2.conf” ubicado en la ruta “/etc/apache2/apache2.conf”, dentro del archivo buscar la opción “ServerName”, si no existe crear la entrada al final del texto y agregarle el nombre del dominio asociado al servido, y si no se tiene un dominio, entonces usar la IP pública del servidor. Luego guardar y cerrar el archivo.

Finalmente revisar errores de sintaxis escribiendo en la consola:

$$\$\ sudo\ apache2ctl\ configtest$$

Reiniciar apache para implementar cambios.

$$\$\ sudo\ systemctl\ restart\ apache2$$

3. Ajustar Firewall

Asegurarse de que el firewall permita el tráfico HTTP y HTTPS

$$\$\ sudo\ ufw\ app\ list$$

Aquí debería desplegarse una lista con aplicaciones, escoger “Apache full”

$$\$\ sudo\ ufw\ app\ info\ "Apache\ Full"$$

Con esto se muestra la información correspondiente.

Luego hay que permitir el tráfico entrante

$$\$\ sudo\ ufw\ allow\ in\ "Apache\ Full"$$

Una vez hecho esto se puede verificar que todo salió bien entrando a la dirección de su servidor a través del navegador.

4. Instalar MySql

$$\$\ sudo\ apt - get\ install\ mysql - server - php5\ mysql$$

Una vez más, se mostrará una lista de los paquetes que se van a instalar, junto con la cantidad de espacio en disco que ocupará. Introduzca “Y” para continuar.

Durante la instalación, el servidor pedirá que seleccione y confirme una contraseña para el usuario "root" de MySQL. Asegúrese de que sea una contraseña segura, única, y no lo deje en blanco.

Cuando la instalación se haya completado, ejecutar un script simple de seguridad que nos permite eliminar algunas configuraciones peligrosas y bloquear un poco el acceso a nuestro sistema de base de datos. Iniciar el script interactivo ejecutando:

$$\$\ sudo\ mysql_secure_installation$$

Se le pedirá que introduzca la contraseña que estableció para la cuenta “root” de MySQL. A continuación, le preguntará si desea configurar el “VALIDATE PASSWORD PLUGIN”, ponga no.

5. Instalar PHP

$$\$\ sudo\ apt - get\ install\ php\ libapache2 - mod - php\ php - mcrypt\ php - mysql$$

Actualmente, si un usuario solicita un directorio del servidor, Apache buscará primero un archivo llamado index.html. En este caso se requiere que el servidor web que elija los archivos PHP de preferencia, por lo que hay que hacer que Apache busque un archivo index.php primero. Para ello, escribir éste comando para abrir el archivo dir.conf en un editor de texto con privilegios de root:

$$\$\ sudo\ nano\ /etc/apache2/mods - enabled/dir.conf$$

Mover el “index.php” a la primera posición.

Cuando se haya terminado, guardar y cerrar el archivo presionando "CTRL-X". Va a tener que confirmar el guardado ingresando "Y" y luego pulsando "Enter" para confirmar la ubicación de almacenamiento de archivos.

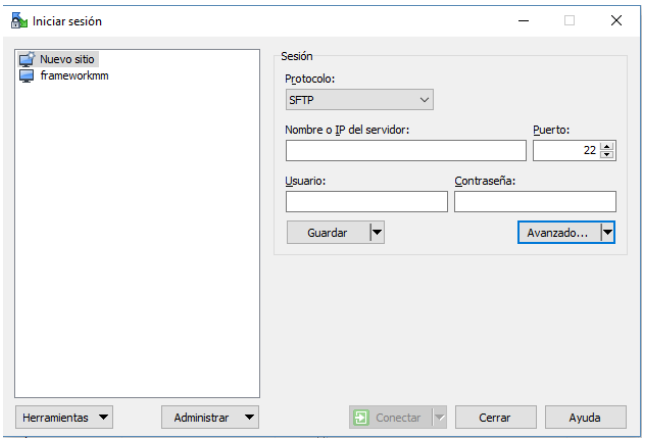
Finalmente reiniciar Apache

$$\$\ sudo\ systemctl\ restart\ apache2$$

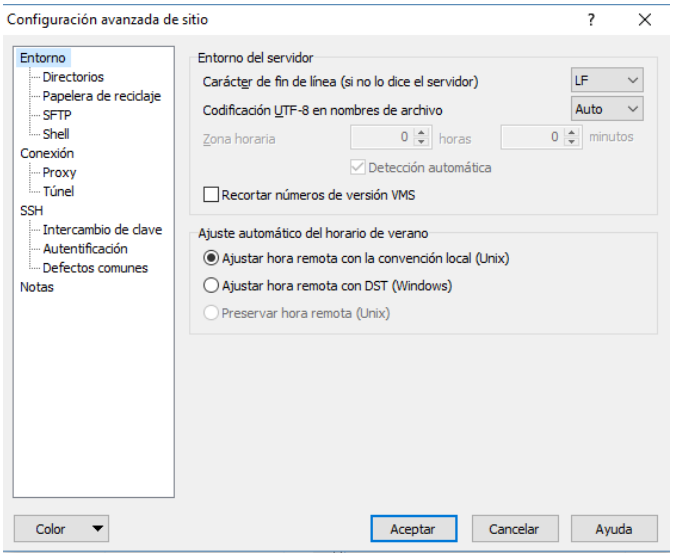
- **Configuración WinSCP para obtener archivos del servidor**

Configuración de WinScp para conectarse al servidor a través de túnel SSH.

- Una vez instalado con las opciones por defecto añadir una nueva conexión



- Dentro de “Nombre o IP del servidor” introducir la dirección a la cual se quiere acceder, en este caso “demos.inf.santiago.usm.cl”
- El puerto dejarlo en 22
- Definir usuario y contraseña, para este caso “frameworkmm” y “ZsZFwjXT” respectivamente.
- Luego presionar el botón “Avanzado”



- En la opción “Tunel” habilitar la opción “Conectar por túnel SSH” en la “IP” colocar “ssh.inf.santiago.usm.cl” y en para el usuario y contraseña definir las credenciales de acceso provistas por el Departamento de Informática de la UTFSM.
- Luego “Aceptar” y “Conectar”.