



**Benemérita Universidad Autónoma de Puebla**

**Facultad de Ciencias de la Computación**

**Planificador de dietas para pacientes con Diabetes Mellitus  
tipo 2 bajo el paradigma de Answer Set Programming**

Tesis profesional presentada por

Rosa Elena Pérez Ramírez

Requisito parcial para obtener el título en  
Maestría en Ciencias de la Computación

Asesoran

Dra. Claudia Zepeda Cortes

Dra. Irma del Carmen Zamora Ginez

Puebla, Puebla, México

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi familia: Esteban, Celina, Ani, Enrique, Josefina y Elvira que sin ustedes no habría tenido la fuerza para seguir día a día. En especial a mi madre, esa mujer que admiro como persona, madre y amiga.

A mis amigos: Adrián, Daniel, Alejandra, Ángel y Abdiel que han estado conmigo.

A Fernando Bartolo que me ha dado la oportunidad de ser parte de sus proyectos y él ser parte de los míos.

A mis profesores que me brindaron enseñanza, en especial a M.C. Marcela Rivera y M.C. Marcos Gonzáles que con sus consejos me han hecho crecer.

A mis asesoras: D.C. Claudia Zepeda, D.C. Irma Zamora que me dieron su tiempo y conocimientos.

A la institución CONACYT que otorgo una beca que me permitió alcanzar este logro.

A todos aquellos que me han enseñado cosas de manera voluntaria e involuntaria.

A todos mil gracias.

## RESUMEN

La Diabetes es un mal para la población, un costoso desembolso anual para el tratamiento y un riesgo latente de sufrir las complicaciones de esta enfermedad. Siendo la Diabetes Mellitus tipo 2 aproximadamente el 90% de los casos [1]. La Diabetes Mellitus no es una enfermedad curable pero si tratable [2], ya que un tratamiento no farmacéutico de la Diabetes Mellitus compromete al paciente a seguir una dieta adecuada.

La planificación de dietas es un proceso complejo: conocer que alimentos se puede ingerir en cada evento alimenticio, en qué cantidades se debe consumir, entre otros conocimientos. Actualmente para el apoyo de la creación de dietas existen herramientas, sin embargo no son muy útiles en estos casos. Sería deseable tener una herramienta tecnológica que apoye al tratamiento dietético de un paciente con Diabetes Mellitus tipo 2 que consume alimentos mexicanos al proporcionar planes dietéticos de manera automática.

Por otra parte, Answer Set Programming (ASP) es un paradigma de programación declarativa reciente pero ampliamente explorado en diversas aplicaciones en áreas de Inteligencia Artificial y razonamiento basado en conocimiento. ASP ofrece solución a problemas de planificación, entre muchos otros.

Este proyecto de investigación se enfoca en crear una herramienta de apoyo a la toma de decisiones para planes dietéticos para pacientes que padecen Diabetes Mellitus Tipo 2 y consumen alimentos mexicanos, con el uso de ASP que es una herramienta de programación lógica que modela de manera natural el conocimiento y usa la inferencia para resolver el problema de planificación.

## CONTENIDO

Agradecimientos.....	2
Resumen .....	3
Índice de tablas y figuras .....	6
Introducción.....	8
Capítulo 1 Fundamentos teóricos .....	13
1.1 Principios de alimentación y nutrición.....	13
1.1.1 Proceso de cuidado nutricional.....	14
1.1.2 Alimentación en México y DM2 .....	17
1.2 Planificación con DLVk.....	20
1.2.1 Estructura de los programas de DLVk.....	21
Capítulo 2 Metodología propuesta para generar planes dietéticos.....	26
2.1 Evaluación de paciente.....	26
2.2 Diagnóstico nutricional .....	27
2.3 Intervención nutricional .....	28
2.4 Evaluación y monitoreo de la evaluación .....	32
2.5 Extracto del proceso para generar planes dietéticos .....	32
Capítulo 3 Modelado e implementación en DLVk para generar planes dietéticos.....	36
3.1 Estructura del modelo .....	36
CAPÍTULO 4 Prototipo del sistema.....	45
4.1 Análisis del sistema.....	45
4.1.1 Planteamiento del problema .....	45
4.1.2 Descripción general .....	45
4.1.3 Características del usuario .....	46
4.1.4 Alcance del sistema .....	47
4.1.5 Funciones del producto.....	48
4.1.6 Requerimientos funcionales.....	48

4.1.7 Diagrama de casos de uso.....	51
4.2 Diseño del sistema.....	52
4.2.1 Flujo del sistema .....	52
4.2.2 Diagrama de secuencia .....	54
4.2.3 Diagrama relacional.....	56
4.3 Implementación del sistema Nutriplan DM2 .....	57
Conclusiones.....	64
Bibliografía.....	66
Apéndice A Diccionario .....	71
Apéndice B Sistema equivalente mexicano de alimentos .....	74
Apéndice C Tablas .....	75

## ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Figura 1. Esquema del plato del buen comer .....	18
Figura 2. Descripción del estado inicial y estado final del problema de los bloques .....	22
Figura 3. Algunos platillos realizados considerado el SMEA .....	32
Figura 4. Abstracción de pasos para crear dieta bajo metodología PCN .....	33
Figura 5. Pseudocódigo de procedimientos previos a generar planes dietéticos .....	34
Figura 6. Abstracción para representar el conocimiento del sistema .....	36
Figura 7. Diagrama de casos de uso del sistema planificador dietético .....	52
Figura 8. Diagrama de actividades del sistema planificador .....	53
Figura 9. Diagrama de secuencia del requerimiento para almacenar datos .....	54
Figura 10. Diagrama de secuencia del requerimiento: registro de pruebas de glucosa .....	54
Figura 11 Diagrama de secuencia del requerimiento recibir planes dietéticos .....	55
Figura 12. Diagrama de secuencia para visualizar el historial de peso y control .....	55
Figura 13. Diagrama relacional del sistema Nutriplan DM2 .....	56
Figura 14. Componentes principales del sistema planificador Nutriplan DM2 .....	57
Figura 15. Modelo-Vista-Controlador del sistema planificador Nutriplan DM2 .....	57
Figura 16. Pantalla Inicial del sistema Nutriplan DM2 .....	58
Figura 17. Pantalla Inicial del sistema Nutriplan DM2 .....	58
Figura 18. Pantalla para la adquisición de datos del usuario del sistema Nutriplan DM2 ...	59
Figura 19. Pantalla del análisis de datos del usuario del sistema Nutriplan DM2 .....	59
Figura 20. Solicitud para generar planes alimenticios del sistema Nutriplan DM2 .....	60
Figura 21. Generación de planes dietéticos para el desayuno del sistema Nutriplan DM2 .	60
Figura 22. Planes dietéticos para la primera colación del sistema Nutriplan DM2 .....	61
Figura 23. Planes dietéticos para la comida del sistema Nutriplan DM2 .....	61
Figura 24. Planes dietéticos para la segunda colación del sistema Nutriplan DM2 .....	62
Figura 25. Planes dietéticos para la cena del sistema Nutriplan DM2 .....	62
Figura 26. Generación del historial del peso de un usuario del sistema Nutriplan DM2 .....	63

Tabla 1. Aportación de kilocalorías por gramo de macronutrientes.....	14
Tabla 2. Ejecución del modelo con <i>DLV<sub>k</sub></i> .....	25
Tabla 3. Factor de actividad física.....	26
Tabla 4. Clasificación de problemas de peso de acuerdo con IMC.....	27
Tabla 5. Valores indicativos del estado del control según prueba de glucosa.....	28
Tabla 6. Distribución de kilocalorías por ingesta diaria en cada evento alimenticio .....	30
Tabla 7. Distribución de kilocalorías de macronutrientes en cada evento alimenticio .....	30
Tabla 8. Resultado del cálculo de necesidades calóricas en un paciente con DM2 .....	35
Tabla 9. Plan dietético para la primera colación del ejemplo.....	35
Tabla 10. Ejecución del modelo con <i>DLV<sub>k</sub></i> .....	44
Tabla 11. Funciones del sistema planificador dietético.....	48
Tabla 12. Requerimiento funcional de registro de datos del paciente.....	49
Tabla 13. Requerimiento funcional de verificar resultados del diagnóstico nutricional .....	50
Tabla 13. Requerimiento funcional de recibir planes dietéticos por evento alimenticio .....	50
Tabla 14. Requerimiento funcional de visualización del historial de metas: peso y control	51

## INTRODUCCIÓN

En términos médicos la Diabetes Mellitus (DM) es un síndrome de desórdenes metabólicos ocasionados ya sea por una deficiencia de la secreción de insulina o bien debido a una combinación de una insuficiente secreción de insulina y resistencia a la insulina [3]. Cuando existe una deficiente secreción de insulina se provoca un aumento de azúcar en la sangre, causando anomalías en el metabolismo y con el tiempo daños graves en muchos órganos y sistemas [4]. La Diabetes Mellitus se categoriza en cuatro tipos diferentes: Diabetes Mellitus tipo 1 (DM1), Diabetes Mellitus tipo 2 (DM2), Diabetes Mellitus Gestacional (DMG) y otros tipos específicos de diabetes [5]. Siendo el 90 al 95% de la población diabética quien padece DM2 [6]. La importancia del estudio de la DM2 radica en las cifras de afectados que se arrojan cada año y el latente riesgo de pacientes ya diagnosticados con esta enfermedad de que sufran complicaciones macrovasculares y microvasculares que comprometen principalmente retina, el riñón, nervios, el corazón y vasos sanguíneos, desatando la posibilidad de males como insuficiencia renal crónica, deterioro de la visión, úlceras en los pies y hasta amputaciones [7]. La DM2 ocurre generalmente en adultos abarcando el 60% de los pacientes de la DM2, y notando que un gran porcentaje de éstos también padece obesidad y sobrepeso. Entre los factores de riesgo para la DM2 destacan los de tipo medioambientales y genéticos (antecedentes familiares de diabetes, edad avanzada, obesidad, inactividad física, prediabetes, raza, ingesta excesiva de calorías) que no son clave directa de provocar DM2 pero los investigadores han detectado a éstos como un indicador de mayor probabilidad de sufrir esta enfermedad [8].

Una vez que el paciente ha sido diagnosticado con DM2 debe tener conocimiento de que la DM2 es una enfermedad degenerativa incurable, sin embargo la calidad de vida puede mantenerse o evitar complicaciones si se compromete con su salud, para esto primeramente el paciente debe acudir con su médico y luego realizar algunos cambios de estilo de vida, entre ellos una dieta adecuada. Diversos estudios han demostrado que un tratamiento nutricional para pacientes diabéticos reduce la probabilidad de riesgo de sufrir complicaciones de las DM [2]. El tratamiento nutricional de control para un paciente con DM2 tiene como prioridad aplicar modificaciones al estilo de vida, lograr la pérdida de

peso (si padece obesidad o sobrepeso), mejorar la glucemia, evitar complicaciones de la DM2 y en general lograr un control metabólico, esto mediante la ingesta de energía adecuada, la mejor elección de alimentos y realizar actividad física. En nuestro país solo una pequeña porción de los afectados por la Diabetes Mellitus acude regularmente a los servicios de salud y de estos entre el 25 y el 40% tienen un control metabólico de la enfermedad [9].

Actualmente en el mercado existen diversos software que apoyan a un tratamiento nutricional, ya sean dirigidos a especialistas o directamente al consumidor. Estas herramientas con diferentes objetivos. A continuación se mencionan algunas y su función a grandes rasgos: como CalorieCounter [10] es un contador de calorías donde el usuario indica que alimentos consumió y el sistema le indica cuantas calorías ha consumido, Nutrition-Toolbox [11] es una calculadora energética que le indica cuantas calorías consumir diariamente; también existen bases de datos de alimentos para que se formen planes como DietPower 2013 [12], Diet Master 2100 [13], algunas herramientas más sofisticadas como Swole.me [14] generan planes dietéticos automáticamente a partir de una cantidad de calorías, pero cabe mencionar que ninguna de los software antes mencionados contempla alimentos mexicanos ni están diseñadas para tratar alguna patología. En la investigación también se encontró a NutriGenie Diabetes Meal Planner, software dirigido al especialista para atender a una población estadounidense que padece la DM2. Se observa que los sistemas aquí presentados solo hacen una parte del proceso para generar dietas o no están diseñados para una persona en particular (características del paciente, patología, alimentos que conforman su dieta).

En otra materia Answer Set Programming (ASP, sus siglas) es una forma de programación declarativa que soluciona problemas de cálculo en términos de restricciones, excepciones y conocimiento incompleto resolviendo de forma natural problemas de planificación como resultado de investigaciones acerca del razonamiento no monótonico sobre la representación del conocimiento [15]. ASP se basa en la semántica de modelos estables de programación desarrollada por Gelfond y Lifschitz en 1988 [16], incluyendo un análisis de la negación como fallo (NAF, por sus siglas en inglés Negation as Failure). ASP demuestra como resuelve problemas de planificación como se muestra en aplicaciones

como la generación de planes de evacuación [15], planificación de movimientos robóticos [17], planes de seguridad ante ataques [18], etc. De [19] obtenemos que para resolver un problema de planificación en ASP se necesita representar mediante:

1. Flujos y acciones.
2. Estado inicial y estado objetivo.
3. Un sistema de acción

Los flujos y acciones se representan por predicados en programas lógicos. Para representar un sistema de acción para planificación se necesitan 4 grupos de reglas:

- Acción elegida. Cuales acciones podrán ser elegidas.
- Objetos afectados. Que objetos será afectados por una acción.
- Efectos. Si son afectados, que efectos se causaran en los objetos afectados
- Estructura de los Axiomas. Si no se afectan por cualquier acción en un estado, los flujos que se tienen en el estado actual se mantienen para el siguiente estado.

ASP cuenta con muchos solucionadores como DLV [20], SModels [21], Clasp [22], entre otros, que son implementaciones del paradigma de ASP combinando la programación lógica con lenguajes de alto nivel. Siendo que DLV cuenta con varios ‘front-ends’ entre ellos *DLV<sup>k1</sup>* que sirve de plataforma para resolver problemas de planificación.

Este proyecto tiene como objetivo principal el desarrollo de una herramienta tecnológica piloto que de manera automática y personalizada planifique dietas para un paciente con DM2 de reciente diagnóstico y sin complicaciones en una edad de 25 a 60 años, dejando en claro que es un apoyo en el tratamiento de una persona con un control metabólico positivo de la enfermedad. Será modelado bajo la implementación del paradigma de Answer Set Programming, en particular con *DLV<sup>k</sup>*. Para dicho objetivo se realizaron diversas tareas resumidas del siguiente modo:

1. Investigación de fundamentos teóricos.
  - Investigar concepto y entorno de la DM2, así como su tratamiento de control.
  - Estudio del tratamiento nutricional de control de la DM2. Siendo que en el área de la nutrición existen diversas metodologías (datos del paciente a analizar, uso de

---

<sup>1</sup> <http://www.dbai.tuwien.ac.at/proj/dlv/K/>

fórmulas, tablas específicas, distribuciones calóricas) que tratan el proceso de cómo realizar una dieta; una vez revisada la gama y con ayuda de un experto se acogieron pasos específicos para llevar a cabo una dieta plasmados en este trabajo.

- Estudio de la planificación como pieza de estudio de la Inteligencia Artificial y el uso de la herramienta *DLV<sup>k</sup>*.
2. Abstracción, diseño e implementación del modelo en *DLV<sup>k</sup>* para generar planes dietéticos. Del paso anterior se abstraen los pasos para crear una dieta y se crea un modelo que genere automáticamente recomendaciones dietéticas involucrando el consumo de alimentos mexicanos y los lineamientos nutricionales oficiales usados en nuestro país como pieza clave para el tratamiento de la DM2. La generación de menús consiste en agrupar un conjunto de platillos que cumplan ciertas restricciones numéricas nutricionales para las 5 comidas (evento alimenticio) recomendadas al día a los cuales en este trabajo llamaremos planes dietéticos.
  3. Desarrollo del prototipo del sistema. Mediante las etapas del ciclo de vida del software se desarrolla el prototipo del sistema considerando como núcleo del proyecto el trabajo del *DLV<sup>k</sup>* en colaboración del lenguaje Java.

Es importante destacar que se este trabajo ha sido motivado debido a la gran cantidad de aplicaciones que resuelve planificación con Answer Set Programming, y no existe precedente de la planificación de dietas, agregaríamos una aplicación a las diversas soluciones de planificación. Además de no tener precedentes de un sistema planificador de dietas para población adulta que padece DM2 de 25 a 60 años que consume alimentos mexicanos.

Esta investigación se fragmenta básicamente en 4 capítulos: en el primer capítulo se hace una presentación del trabajo incluyendo los antecedentes, objetivos, la contribución y justificación. El segundo capítulo incluye conocimientos base de nutrición referencias de este trabajo. El siguiente capítulo denominado planificación con *DLV<sup>k</sup>* se estudia a la herramienta para planificación. El capítulo 4 se presentan referencias específicas usadas en el proceso de generar planes dietéticos que en este trabajo se usaron. El quinto capítulo trata la abstracción para lograr un modelado en *DLV<sup>k</sup>* y se usan datos de un ejemplo para

observar a detalle los resultados de la implementación. El último capítulo se presenta el desarrollo del prototipo del sistema planificador de dietas desde el análisis y diseño hasta lograr una implementación con componentes en lenguaje Java y un núcleo que genera procesos con el modelo desarrollado con *DLV<sup>k</sup>*.

# CAPÍTULO 1

## FUNDAMENTOS TEÓRICOS

A continuación se analizan los fundamentos teóricos en temas concernientes a este trabajo fragmentadas en dos secciones principales: la primera hace referencia a algunos conocimientos de los cuales echa mano el proceso para generar la dieta de un paciente; la segunda sección presenta a  $DLV^k$  como una herramienta basada en ASP y que logra la planificación, además de realizar un estudio del uso de  $DLV^k$ .

### 1.1 PRINCIPIOS DE ALIMENTACIÓN Y NUTRICIÓN

Para conocer más a fondo en que consiste el tratamiento nutricional para pacientes con DM2 es necesario conocer un poco más aspectos básicos del área de nutrición.

Sin duda la alimentación forma parte de la calidad en el desarrollo de la vida humana, mediante la transformación e incorporación de nutrientes al organismo. Los nutrientes son sustancias que se encuentran en los alimentos y al consumirlos permiten obtener energía (cuantificada en calorías), formar y mantener estructuras corporales y regular proceso metabólicos [23]. La alimentación debe aportar solo la energía necesaria y mediante una dieta equilibrada proporcionar cantidades adecuadas de nutrientes, siendo estas cantidades dependientes de una serie de factores que involucran al paciente y su entorno: factores personales (sexo, peso, estatura, edad, etc.), entorno geográfico, social, económico, patológico, etc., [24].

Los nutrientes principales son llamados macronutrientes son fuentes de energía intercambiable entre sí, es decir en una ingesta calórica al aumentar la proporción de una proporción de un macronutriente se reduce la proporción de otro [25]. Los macronutrientes son tres: carbohidratos o también llamados hidratos de carbono, proteínas y lípidos también llamados grasas. De modo que cada macronutriente aporta una cantidad de kilocalorías por gramo que se consuma, mostrado esta información en la tabla 1 mostrada a continuación.

<b>Macronutriente</b>	<b>Kcal que aporta por gramo</b>
Proteínas	4 kcal/g
Lípidos	9 kcal/g
Carbohidratos	4 kcal/g

Tabla 1. Aportación de kilocalorías por gramo de macronutrientes

En diversas patologías son usadas las dietas terapéuticas, que son las dietas en las que se altera la composición en nutrientes o en energía cuando existe una enfermedad o situación patológica.

### **1.1.1 PROCESO DE CUIDADO NUTRICIONAL**

Para propósitos de este trabajo y apegados a los fundamentos de nutrición, para realizar un servicio de salud que proporcione recomendaciones dietéticas, a continuación se presenta una serie de pasos para generar una dieta bajo la metodología del Proceso de Cuidado Nutricional (sus siglas PCN) que mediante 4 etapas (evaluación del paciente, diagnóstico nutricional, intervención nutricional, y finalmente monitoreo y evaluación de la nutrición) describe con precisión el espectro de cuidados de atención a la nutrición que puede ser proporcionado por los profesionales de la dietética, para generar planes dietéticos a un paciente con Diabetes Mellitus tipo 2 [26].

Dada la diversidad de recursos usados en el área de nutrición (formulas, tablas, datos, etc.), para realizar una dieta y como producto de la investigación de este trabajo, dando seguimiento al trabajo se presenta un bosquejo de los procedimientos a realizar bajo la metodología de PCN mediante estas 4 etapas, presentando así algunos de los recursos encontrados en la literatura.

#### **I. EVALUACIÓN DEL PACIENTE.**

En esta fase se obtiene la información del paciente, siendo una gran variedad de datos solicitados al paciente en diversas fuentes [27], [28] y [29] reuniendo los datos más solicitados en los siguientes puntos:

- Personales: nombre, edad, sexo, escolaridad, nivel socioeconómico, etc.,
- Antecedentes: Signos y síntomas asociados con problemas de mala nutrición

- Estilo de vida : ejercicio, fumar, tomar alcohol, etc.,
- Indicadores dietéticos: hábitos alimenticios (número de comidas que realiza, en dónde las realiza, preferencias alimenticias, forma de cocción de los alimentos, alergias y malestares causados por alimentos, el tipo de grasa utilizada), etc.,
- Indicadores clínicos: pruebas clínicas relacionadas con la patología figurando presión arterial, prueba de ácidos grasos, prueba de orina, examen de colesterol, siendo las más populares para la DM2: la prueba Hemoglobina Glucosilada (HbA1c) y la prueba de glucosa en ayuno.
- Indicadores antropométricos: son mediciones que permiten realizar la evaluación de las dimensiones físicas del paciente, entre las mediciones que se recomienda están el peso, la estatura, el ancho de codo, la circunferencia de muñeca, los cuatro pliegues cutáneos o panículos adiposos: tricipital, subescapular, suprailiaco y bicipital, y las circunferencias de cintura, cadera, abdomen y brazo. Estas mediciones variarán de acuerdo a la edad, estado fisiológico y condición del paciente.

Dada la extensa cantidad de parámetros solicitados al paciente y considerando que al recabar algunos de estos datos podrían presentar un alto error en la veracidad debido a varios factores (memoria del paciente, dificultad que representa para el paciente estimar las porciones consumidas, algunas mediciones antropométricas deben ser muestreadas por un experto, entre otros,) para fines de este trabajo se consideran solo datos clave, según sugerencias del experto en nutrición.

## II. DIAGNÓSTICO NUTRICIONAL

En esta etapa se identifica y describe un problema nutricional, aclarar que no es un diagnóstico médico. De [30] obtenemos que la fase de diagnóstico incluye tres dominios:

- Problemas de ingesta relacionada a la cantidad de ingestas frente a los requerimientos
- Hallazgos clínicos y problemas relacionados a condiciones físicas
- Hallazgos en el entorno y/o conducta y problemas relacionados al conocimiento, actitudes y creencias, entorno físico, acceso al alimento.

Este proyecto con indicaciones del experto hace solo revisión del primer punto, hace el análisis para saber si el paciente tiene problemas de peso y sobre las pruebas clínicas realizadas en el paso anterior.

### III. INTERVENCIÓN NUTRICIONAL

La intervención nutricional hace referencia a una serie de acciones previamente planificadas para cambiar positivamente una conducta relacionada a la nutrición, acciones que de acuerdo con el diagnóstico nutricional buscan una solución. Para dar seguimiento al tratamiento nutricional del paciente con DM2 se procede a la creación de una dieta que se soporta en un conjunto de planes dietéticos con restricciones que se plantean según los datos del diagnóstico. Para la creación de una dieta según [31] son 4 puntos los determinantes para realizar un plan dietético:

1. Estimación de las necesidades de energía: Las necesidades de energía de una persona se calculan a partir de los siguientes componentes:

- Gasto Energético Total. En lenguaje coloquial significa calcular qué tanto se recomienda comer el paciente diariamente, primero se calcula el Gasto Energético en Reposo (GER) y con este dato se obtiene el cálculo de Gasto Energético Total (GET) que devuelve el número de calorías que el paciente debería idealmente consumir. Citando a [27] *“Aunque ninguna ecuación predice con exactitud el GER, algunas de ellas incluyen peso, edad, sexo y altura pueden ofrecer una aproximación aceptable como un primer paso para determinar las necesidades individuales”*. Las fórmulas más representativas para calcular el GER son la ecuación de Harris-Benedict, ecuación de Fleish, la de Kleiber y la de Schofield.
- Actividad física. Las estimaciones del cálculo energético se pueden ver afectadas por los factores considerados (variable asignado a la actividad física, variable según la ocupación, variable según la situación hospitalaria, etc.).

2. Estimación de las cantidades de nutrientes. En diversas fuentes [2],[32] y [33] hallamos dietas terapéuticas enfocadas al tratamiento de la Diabetes Mellitus tipo 2 donde pueden enfocarse en la distribución de macronutrientes, la distribución en los tipos de lípidos (saturadas, insaturadas, colesterol, etc.), consideran también límites restrictivos en el consumo de fibra y consumo de micronutrientes específicos

(vitaminas, minerales, etc.). Además existen investigaciones [34] también se consideran restricciones dado el índice glicémico. Siendo que en este trabajo se centró en la distribución de los macronutrientes.

3. Una vez definida la cantidad de energía a ser consumida a lo largo del día, habrá que dividirla en los diferentes eventos alimenticios, en [35] se recomiendan a un paciente con DM2 distribuir en 5 ó 6 eventos alimenticios. Ya que se tiene los límites de cada macronutrientes a consumir en cada evento alimenticio en unidades calóricas, se convierte a gramos según cada nutriente.

4. Dichos valores en el paso anterior definidos habrá que traducirlos al agrupar alimentos en platillos para ser consumidos en los diferentes eventos alimenticios. Dados los requerimientos de este trabajo para generar una dieta para población mexicana se basa en el Sistema Mexicano de Alimentos Equivalentes [36].

Algunas otras medidas recomendadas por los expertos indican el consumo de agua y los hábitos horarios, indicando que no pasar más de 4 horas entre un evento alimenticio y otro.

#### IV. MONITOREO Y EVALUACIÓN DE LA NUTRICIÓN

En esta etapa se evalúan resultados de la intervención nutricional. Para monitorear los resultados de la dieta, verificar los objetivos de la dieta: control del peso y control metabólico es necesario estar verificando diferentes factores que suponen un cambio en el estilo de vida.

##### **1.1.2 ALIMENTACIÓN EN MÉXICO Y DM2**

Dado que la conducta alimentaria se ve afectada por diversos factores culturales, sociales, económicos, , etc., este proyecto considera la alimentación en nuestro país basándose en la Norma Oficial Mexicana para la prevención, tratamiento y control de la Diabetes Mellitus NOM-015-SSA2-2010 [37] publicada en el Diario Oficial de la Federación que muestra un esquema explicativo con los principios básicos dietéticos que requiere la población mexicana tomando en cuenta costumbres y necesidades para el tratamiento y control del a Diabetes, en la que también se encuentra descrito el “plato del buen comer” que categoriza los alimentos en tres grupos y brinda el apoyo para la creación de planes dietéticos.

El plato del buen comer mediante una clasificación sencilla muestra tres grupos de alimentos: 1) verdura y frutas, 2) cereales y tubérculos y 3) leguminosas y alimentos de origen animal.



Figura 1. Esquema del plato del buen comer

Los esfuerzos realizados por la Secretaría de Salud documentados en [38] incluyen otras especificaciones sugeridas para una buena alimentación, que con el propósito de esta investigación aquí mencionamos las siguientes:

- Combinar los alimentos y que se incluyan productos de los tres grupos en los diferentes eventos alimenticios.
- Destacar la moderación, es importante cuidar las cantidades que se ingieren de cada alimento (ajustarse a las necesidades alimenticias de cada persona).

La Norma Oficial Mexicana NOM-015-SSA2-2010 [37] hace referencia al uso del Sistema Mexicano Equivalente de Alimentos (SMEA) [36], que es un método útil para el diseño de planes de alimentación normales modificados y personados en especialidad para las personas en especial para las personas que necesitan controlar la ingestión energética y equilibrada. El SMEA agrupa a los alimentos por su contenido de nutrientes y se usa para dar una orientación nutricional de manera individualizada. El SMEA se basa en el concepto alimento equivalente, que quiere decir aquella porción (o ración) de alimento cuyo aporte nutrimental es similar a los de su mismo grupo en cantidad lo que permite que pueden ser intercambiables entre si los alimentos equivalentes: se observa el tamaño de las raciones que se dan en las listas, todos los alimentos dentro de cada una de las diferentes

listas tendrán un contenido similar de hidratos de carbono, grasas, proteínas y energía, debido a que su perfil de nutrientes es similar, los alimentos en cada grupo pueden intercambiarse [31].

Surgiendo en 1988 el SMEA de la necesidad de ofrecer una herramienta didáctica sencilla, para dar variedad a la dieta individual, estandarizada en el tamaño de las raciones, definiendo así el tamaño de los equivalentes con pesos y medidas fáciles de obtener. Actualmente la utilización del sistema de equivalentes tiene gran utilidad para el control de la glucemia en los pacientes con diabetes y el control de peso en pacientes con sobre peso y obesidad con frecuencia se usa también para el manejo nutrición de varios padecimientos para el diseño de régimen especializados para deportistas o para la planeación de menús institucionales. El SMEA cuenta con característica relevante para este trabajo como:

- Es una base de datos de la composición de alimentos de mayor consumo en México
- El manejo de las porciones de alimentos en medidas caseras común mente utilizadas en la cocina (taza de 240 ml, cucharada de 15ml, cucharadita de 5 ml, taza de 16 cucharadas). Cuando los alimentos se consideran en piezas se refiere siempre a las de tamaño mediano, y cuando se habla de rebanadas esta es de un peso dado.
- Clasificación de los alimentos en grupos a partir de esquema de grupos de alimentos compuestos por el proyecto de norma oficial mexicana servicios básicos de la salud en materia alimentaria (ver Apéndice C).
- El cálculo conservado de la composición de platos utilizando el concepto platillos equivalentes el sistema mexicano de platillos equivalentes se basa en la agrupación de alimentos propuesta en el proyecto de norma oficial mexicana [37].
- Funciona como un instrumento de trabajo muy útil para el nutriólogo al facilitar el cálculo de dietas y disminuir el tiempo empleado en ello, permitiendo variedad a la dieta y simplificando la orientación alimentaría para los pacientes. De este modo cuando la persona hace suyo al sistema, disminuye la independencia del nutriólogo.
- Los platillos equivalentes permiten el cálculo aproximado y simplificado de menús de historia dietética

- Puede representar un instrumento útil para otros profesionales que trabajen con los alimentos pero los estudian con otra visión, como lo son agrónomos, economistas, planeadores e inclusive publicistas.

## 1.2 PLANIFICACIÓN CON DLV<sup>k</sup>

Intuitivamente planificar es una secuencia de pasos a seguir para llegar de un estado inicial a un estado final. En otras palabras la planificación consiste en el proceso de decidir cuál curso de acción emprender en orden para lograr un estado futuro (objetivo) dada una situación actual[39]. En general un problema de planificación consiste en una serie de tareas: dar un estado inicial, varias acciones con precondiciones y efectos, encontrar una secuencia de acciones para llegar a un estado el cual es nuestro objetivo. Lograr un modelo que resuelva la planificación es una tarea que en los últimos años ganó popularidad resolver mediante programación lógica declarativa, dado su facilidad de representar el conocimiento y los resultados obtenidos.

DLV<sup>2</sup> es una implementación de algoritmos para calcular modelos estables (Answer Sets) de programas lógicos disyuntivos. DLV es un lenguaje de programación declarativo, esto significa que el programador no escribe la serie de instrucciones a seguir que resuelven algún problema sino más bien especifica las instancias que darían una posible solución de este modo el motor de inferencia de DLV trata de encontrar el camino a la solución del problema y la solución en sí misma; así mediante reglas y hechos, siendo los hechos los datos de entrada y las reglas que pueden derivar de más reglas resuelven el objetivo de un problema se resuelve mediante la manipulación de reglas e instanciación de variables[40]. DLV se estructura con restricciones, negación fuerte y consultas que contempla el paradigma de la zona de "razonamiento no monotónico", que permite la formulación de problemas posiblemente muy complejos de una manera sencilla. DLV ofrece dos tipos de negación: negación como fallo (not), significa información incompleta, y la negación clásica (-), que asegura que esa sentencia es falsa. De este modo DLV es una poderosa herramienta para sistemas de bases de datos deductivas, que ofrece varios "*front-ends*" para varios formalismos avanzados de representación de conocimiento, logrando diversos tipos

---

<sup>2</sup> <http://www.dlvsystem.com/>

de razonamiento entre ellos la diagnosis y la planificación, siendo esta última la razón de haber elegido esta herramienta. Existe un amplio consenso tanto la sintaxis y la semántica del lenguaje de DLV es muy sencilla e intuitiva.

El sistema  $DLV^k$  es un *front-end* de DLV que usa al lenguaje K [20] para resolver la planificación ofreciendo el manejo de conocimiento incompleto, efectos no deterministas, planes seguros y concurrencia.  $DLV^k$  resuelve de manera natural problemas de planificación.

### 1.2.1 ESTRUCTURA DE LOS PROGRAMAS DE $DLV^k$

Los programas de  $DLV^k$  se basan en elementos estáticos (hechos) y el sistema de acción (reglas). Los hechos son una descripción de los objetos. El sistema de acción se compone de fluentes, acciones y reglas que procesan la información de los hechos con la cual generará un plan, siendo la estructura general de los programas en  $DLV^k$  como sigue:

**fluents:** <declaración de fluentes>  
**actions:** <declaración de acciones>  
**always:** <reglas>  
**initially:** <inicialización de reglas>  
[noConcurrency.]  
**goal:** <consulta>?(i)

Los fluentes representan las propiedades básicas del sistema, los estados son conjunto de fluentes en determinado momento, cada estado esta asociados a un valor verdadero. Las acciones representan momentos dinámicos del sistema, es decir son operaciones que permiten realizar una transición de estados. Para la ejecución de una acción primero se debe cumplir ciertas condiciones, y una vez que la acción se ejecuta se deben notar los efectos de dicha acción sobre los objetos. Las transiciones son cambios atómicos, representados por un estado previo, un conjunto de acciones y un estado resultante. El objetivo es lograr un estado final también llamado meta.

El recorrido a través de los estados arranca desde un estado inicial y se plantea llegar al estado final, a través de un plan que corresponde a una secuencia de acciones. Dado estos conceptos, decimos que un plan es una secuencia de n conjuntos de acciones que cuentan con el respaldo de trayectorias.

Para entender un poco más acerca de la sintaxis y del modelado de programas con  $DLV^k$  se va a dar un ejemplo del mundo de bloques. El siguiente problema describe el mundo de bloques, se tienen dos pilas de bloques, 3 bloques con una letra: a, b y c en la posición inicial como se muestra en la figura 2. El objetivo es tener acomodados los bloques como se muestra en la figura 2. El plan será el conjunto de acciones que se realicen para lograr el estado final o meta.

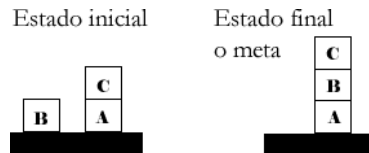


Figura 2. Descripción del estado inicial y estado final del problema de los bloques

En seguida se describe cada línea del desarrollo del modelo codificado y numerado fragmentado en secciones.

En primera instancia en el archivo denominado *blocksworld.dom* describiremos la descripción de los objetos mediante los dos siguientes hechos:

- Cada bloque tiene una letra
  1. `block(a).`
  2. `block(b).`
  3. `block(c).`
- La letra B se encuentra en la pila 1
  4. `location(B) :- block(B).`
  5. `location(table) :- true.`

El sistema de acción estará codificado en el archivo llamado *blocksworld.plan*, donde se encuentran las declaraciones de los fluentes, acciones, efectos de la ejecución de acciones, precondiciones de ejecución, estado inicial y el objetivo o estado final deseado.

## I. FLUENTES

Los fluentes representan las propiedades básicas del sistema, pueden cambiar en el tiempo

1. `fluents:`
2. `on(B,L) requires block(B), location(L).`
3. `occupied(B) requires location(B).`

La línea 1 hace referencia a la palabra reservada `fluents` que indica que inicia el bloque de declaración de las fuentes. La línea 2 y 3 son los fluentes declarados. El primer fluente, en la línea 2 hace referencia a la posición `L` del bloque `B`. La línea 3 hace referencia a una posición `B` ocupada. Notar que las letras mayúsculas son variables que hacen instancia y se apoyan de los predicados de conocimiento previo del archivo `blocksworld_inst.dom`.

## II. ACCIONES

Las acciones representan momentos dinámicos del sistema. Siendo la única acción es mover bloques

```
1. actions:
2.     move(B,L) requires block(B), location(L).
```

La línea 4 contiene la palabra reservada `actions` la cual indica el inicio del bloque de declaración de acciones. La línea 5 contiene la única acción para este sistema, y refiere a mover un bloque `B` a la posición `L`.

## III. EFECTO DE LAS ACCIONES

Las líneas 3-6 son efectos de la acción caracterizados por la palabra reservada `caused`.

```
3. caused occupied(B)
4.     if on(B1,B), block(B).
5. caused on(B,L) after move(B,L).
6. caused -on(B,L1) after move(B,L), on(B,L1), L <> L1.
```

La línea 9 y 10 indican que se el bloque `B` está en la posición `B1`, entonces `B` está ocupado. La línea 11 dice que antes de mover `B` a la posición `L`, debe estar `B` en `L`. La línea 10 indica que si `B` estaba en la posición `L` y se movió a la posición `L1`, siendo diferente `L` de `L1`, entonces `B` ya no está en `L1`. La línea 13 indica con la palabra reservada `inertial` que el fluente `on(B,L)` estará cambiando entre cada estado. La línea 14 indica que no existe concurrencia en la ejecución de este sistema.

## IV. PRECONDICIONES DE EJECUCIÓN DE LAS ACCIONES

La sección de `always` especifica la dinámica del dominio en términos de las reglas de consecuencia: los efectos de las acciones y condiciones de ejecución.

```

7. always:
8. executable move(B,L)
9.     if not occupied(B), not occupied(L), B <> L.
10. inertial on(B,L).
11. noConcurrency.

```

La palabra reservada `executable` en la línea 8 indica cual es la condición de ejecución de la acción llamada `move(B,L)`. Para poder mover el bloque B a la posición L no debe estar ocupada la posición en que se encuentra B, tampoco debe estar ocupada la posición L y además la posición B a la que se moverá L no debe ser la misma en la que está.

#### V. ESTADO INICIAL

La sección `initially` especifica las condiciones que mantienen un estado inicial.

```

12. initially:
13.     on(a, table).
14.     on(b, table).
15.     on(c, a).

```

#### VI. ESTADO FINAL O META

La sección del `goal` especifica el estado final deseado en cierto número de transiciones ó pasos, en este caso el estado deseado se debe realizar a cabo en 3 pasos.

```

16. goal: on(c, b), on(b, a), on(a, table)? (3)

```

#### VII. PLAN

De este modo  $DLV^k$  de manera sencilla codifica los hechos y resuelve el problema de bloques mediante las reglas descritas que realizan cambios en los diferentes estados hasta llegar al estado deseado, como se muestra en la tabla 2.

Estado	Acción	
0	occupied(a), on(a,table), on(b,table), on(c,a)	move(c,table)
1	on(a,table), on(b,table), on(c,table), -on(c,a)	move(b,a)
2	occupied(a), on(a,table), on(b,a), on(c,table), -on(b,table)	move(c,b)
3	on(a,table), on(b,a), on(c,b), -on(c,table), occupied(a), occupied(b)	

Tabla 2. Ejecución del modelo con  $DLV^k$

Siendo que dada la ejecución del modelo arriba descrito es el siguiente

PLAN: move(c,table); move(b,a); move(c,b).

En [41] se puede hallar un estudio más profundo del funcionamiento de  $DLV^k$ , además de encontrar diversos ejemplos de planificación resueltos con  $DLV^k$ .

## CAPÍTULO 2

### METODOLOGÍA PROPUESTA PARA GENERAR PLANES DIETÉTICOS

En este capítulo se presenta la primera contribución de este trabajo que corresponde a proponer una metodología para determinar una dieta para un paciente con DM2 [42-46] validada por un experto<sup>3</sup>, producto de la investigación de diversas fuentes y bajo las 4 etapas del Proceso de Cuidado Nutricional descritas de manera general en el *apartado 1.1.1. Proceso de cuidado nutricional*

#### 2.1 EVALUACIÓN DE PACIENTE

Como parte de esta fase se obtienen los datos antropométricos y clínicos del paciente necesarios para realizar una dieta personalizada: nombre, edad, género, complejión, peso, estatura, niveles de glucosa registrados ya sea, por la prueba de Hemoglobina Glucosilada (HbA1c) o la Prueba de Glucosa en Ayuno (PGA), y el nivel de actividad física determinado por el número de pasos promedio que el paciente camina al día, esto según la tabla 2 obtenida de [42] asociado a un Factor de Actividad (FA).

Nivel Actividad	Total de pasos Registrados	Género	Factor de Actividad
Sedentario	< 5000 pasos	Masculino	1.3
		Femenino	1.3
Poco activo	5000 a 7499 pasos	Masculino	1.6
		Femenino	1.5
Algo activo	7500 a 9999 pasos	Masculino	1.7
		Femenino	1.6
Activo	1000 a 12499 pasos	Masculino	2.1
		Femenino	1.9
Altamente activo	≥ 12500 pasos	Masculino	2.4
		Femenino	2.2

Tabla 3. Factor de actividad física

<sup>3</sup> D.C Irma del Carmen Zamora Ginez investigadora en Facultad de Medicina, BUAP.

## 2.2 DIAGNÓSTICO NUTRICIONAL

En esta fase se describen los factores en el estado de nutrición del paciente: se analizara si los valores de glucosa en sangre están alterados (no controlados) y si el paciente tiene problemas de peso, para esto inicialmente se calcula el Índice de Masa Corporal (IMC) con la fórmula (1).

$$IMC = \frac{\text{peso}}{\text{estatura}^2} \quad (1)$$

Una vez calculado el IMC para conocer si existen problemas de peso, y de acuerdo a la tabla 3 extraída de [38], se consulta si el paciente tiene problema de peso de acuerdo su IMC.

Clasificación	Puntos de corte IMC	Riesgo de Comorbilidad en relación al perímetro de cintura aumentado
		Hombre >90 cm Mujeres > 60 cm
Delgadez Severa	< 16.0	
Delgadez moderada	16.0 a 16.99	
Delgadez Leve	17 a 18.49	
Intervalo Normal	18.5 a 24.99	Aumentado
Pre-obesidad	25 a 29.99	Alto
Obesidad grado I	30 a 34.99	Muy Alto
Obesidad grado II	35 a 39.9	Extremadamente Alto
Obesidad grado III	> 40	

Tabla 4. Clasificación de problemas de peso de acuerdo con IMC

En seguida se analiza la tabla 4 para conocer estado del control metabólico de la enfermedad con el los valores registrados por la prueba de glucosa denotados por X. Si el paciente tiene un control metabólico negativo se le recomienda acudir al médico para otro tratamiento.

<b>Tipo de Prueba</b>	<b>Valores que indican control metabólico positivo</b>	<b>Valores que indican control metabólico negativo</b>
PGA	$X \leq 126\text{mg/dL}$	$X > 126\text{mg/dL}$
HbA1c	$X \leq 7\%$	$X > 7\%$

Tabla 5. Valores indicativos del estado del control según prueba de glucosa

## 2.3 INTERVENCIÓN NUTRICIONAL

Esta etapa se desarrolla un plan individualizado de alimentos y comidas y objetivos enfocados a resolver los problemas en la etapa anterior diagnosticados, la intervención nutricional se conforma de dos pasos distintos: el primero la planificación de intervenciones nutricionales y el segundo la implementación de la intervención nutricional. Para la realización de estos planes se requiere el análisis de datos recolectados en la primera etapa para diseñar un plan que prescriba las cantidades de calorías y macronutrientes adecuados. Inicialmente debemos calcular los requerimientos energéticos del paciente.

Como parte de esta fase se considera el peso ideal de un paciente, que se obtiene al consultar tablas de valores de peso ideal de acuerdo con su género, constitución y estatura obtenidas de [43] tablas presentadas en el apéndice C, de donde se obtiene un intervalo de valores en el cual se debe encontrar el peso del paciente de forma ideal de acuerdo a su estatura, edad y género, denotado por  $[p_{min}, p_{max}]$ , donde  $p_{min}$  es el límite inferior del peso ideal y  $p_{max}$  el límite superior del peso ideal.

Se calcula el intervalo del Gasto Energético en Reposo (GER) denotado por  $[GER_{min}, GER_{max}]$  donde  $GER_{min}$  es el límite inferior del GER y  $GER_{max}$  es el límite superior del GER, con la fórmula de Harris–Benedict (2) y (3), siendo (2) usada para el género masculino y (3) para el femenino. En (2) y (3) donde  $GER_m$  puede tomar el valor de  $\{ GER_{min}, GER_{max} \}$  y  $p_m$  puede tomar el valor de  $\{ p_{min}, p_{max} \}$  correspondientemente.

$$GER_m = 66.5 + (13.7 * p_m) + (5 * estatura) - (6.8 * edad) \quad (2)$$

$$GER_m = 665.1 + (9.5 * p_m) + (1.7 * estatura) - (4.7 * edad) \quad (3)$$

En este trabajo propone el conteo de pasos para calcular el nivel de actividad, con el uso del podómetro, que de acuerdo con Tudor-Locke se clasifica el número de pasos como en la tabla 2. Dado el estilo de vida se ajusta según la siguiente tabla, se ajusta GER multiplicando con el Factor Actividad Física (FA) obtenida de este modo obteniendo GET. En seguida con la fórmula (4) se calcula el Gasto Energético Total (GET) que es el intervalo total de kilocalorías recomendadas diariamente denotado por el intervalo  $[GET_{min}, GET_{max}]$ , donde  $GET_{min}$  es el límite inferior de kilocalorías recomendadas diariamente y  $GET_{max}$  es el límite superior de kilocalorías recomendadas diariamente, este cálculo se realiza con los límites correspondientes de GER y el FA previamente obtenido. En (4)  $GET_m$  puede tomar el valor de  $\{GET_{min}, GET_{max}\}$  y  $GER_m$  se sustituye por  $\{GER_{min}$  o  $GER_{max}\}$  correspondientemente.

$$GET_m = GER_m * FA \quad (4)$$

En la tabla 3 se muestra la distribución calórica recomendada diariamente en los 5 eventos alimenticios de acuerdo con la información proporcionada por el especialista, aspecto que puede variar respecto a observaciones médicas particulares, misma observación se aplica para tabla 4.

Sea un evento alimenticio denotado por  $E_i$  donde  $i$  es el índice del evento (desayuno, primera colación, comida, segunda colación, cena) donde  $i=\{1, 2, 3, 4, 5\}$  corresponde a cada evento respectivamente, se calcula el intervalo de kilocalorías recomendadas para dicho evento denotado por  $[C_{min}, C_{max}]_i$  donde  $C_{min}$  es el límite inferior de kilocalorías recomendadas para  $E_i$  y  $C_{max}$  es el límite superior de kilocalorías recomendadas para  $E_i$ , con la fórmula (5) se distribuye el intervalo obtenidas de distribuir la kilocalorías totales recomendadas diariamente  $[GET_{min}, GET_{max}]$  en proporciones indicadas por los intervalos calóricos recomendados para cada evento  $E_i$  denotados por  $[e_{min}, e_{max}]_i$  donde  $e_{min}$  es el límite inferior del porcentaje recomendados para el evento  $E_i$  y  $e_{max}$  es el límite superior del porcentaje recomendados para el evento  $E_i$ . En (5)  $C_m$  puede tomar el valor de  $\{C_{min}, C_{max}\}$ ,  $e_m$  puede tomar el valor de  $\{e_{min}, e_{max}\}$ ,  $GET_m$  puede tomar el valor de  $\{GET_{min}, GET_{max}\}$  de manera correspondiente.

$$C_m = \frac{e_m * GET_m}{100} \quad (5)$$

<b>Índice del Evento</b>	<i>i=1</i>	<i>i=2</i>	<i>i=3</i>	<i>i=4</i>	<i>i=5</i>
Evento alimenticio $E_i$	Desayuno	Colación <sub>1</sub>	Comida	Colación <sub>2</sub>	Cena
Límites calóricos recomendados (%)	25–30	10–15	25-35	10–15	15–20
$[e_{min}, e_{max}]_i$					

Tabla 6. Distribución de kilocalorías por ingesta diaria en cada evento alimenticio

Dado el estado de control metabólico de la DM2 se establece la distribución de macronutrientes adecuada como se muestra en la tabla 4. Sean  $[C_{min}, C_{max}]_i$  las kilocalorías recomendadas para el evento  $E_i$  se distribuye cada en cada macronutriente denotado por  $M_j$  donde  $j$  es índice de cada macronutriente (proteínas, lípidos, carbohidratos) siendo  $j = \{1, 2, 3\}$  correspondiente a cada macronutriente, respectivamente. Se calcula el intervalo de kcal recomendadas  $[K_{min}, K_{max}]_{i,j}$  en la proporción indicada por los límites porcentuales  $[m_{min}, m_{max}]_j$  con la fórmulas (7) y (8). En (6)  $K_m$  puede ser  $K_{min}$  o  $K_{max}$  y  $m_m$  puede ser  $m_{min}$  o  $m_{max}$ , correspondientemente.

$$K_m = \frac{m_m * C_m}{100} \quad (6)$$

<b>Índice de Macronutriente</b>	<b>Macronutriente <math>M_j</math></b>	<b>Límites recomendados para pacientes con control metabólico positivo (%)</b> $[m_{min}, m_{max}]_j$	<b>Límites recomendados para pacientes con control metabólico negativo (%)</b> $[m_{min}, m_{max}]_j$
<i>j=1</i>	Proteínas	13-15	15-20
<i>j=2</i>	Lípidos	25-35	35-45
<i>j=3</i>	Carbohidratos	50-60	40-50

Tabla 7. Distribución de kilocalorías de macronutrientes en cada evento alimenticio

Una vez obtenida la distribución de las kilocalorías recomendadas al día en cada evento alimenticio y ésta a su vez distribuida en cada macronutriente se obtiene una matriz de  $5 \times 3$  donde cada elemento representa los límites de kcal recomendados para el evento  $E_i$  del macronutriente  $M_j$  denotado por  $[K_{min}, K_{max}]_{i,j}$ , donde  $K_{min}$  es el límite inferior de kilocalorías recomendadas para  $E_i$  del macronutriente  $M_j$  y  $K_{max}$  es el límite superior inferior de kilocalorías recomendadas para  $E_i$  del macronutriente  $M_j$ . En seguida  $[K_{min}, K_{max}]_{i,j}$  se convierte a unidades en gramos, resultando los límites en gramos recomendados para el evento  $E_i$  del macronutriente  $M_j$  denotados por  $[g_{min}, g_{max}]_{i,j}$  con el uso de la fórmula (7) y el aporte energético de cada macronutriente respectivo denotado por  $T$  y especificado en la sección 3.1. Siendo que por cada evento alimenticio  $E_i$  contamos con tres restricciones  $[g_{min}, g_{max}]_{i,j}$ .

$$K_m/T = g_m \quad (7)$$

Cómo en este trabajo se plantea para la generación de planes dietéticos, primeramente se propone un modelo que describe a los alimentos con datos proporcionados por el SMEA. El SMEA contiene una base de datos de alimentos, donde cada alimento denotado por  $A_z$ , las cantidades de consumo sugeridas y valores nutritivos relacionados con las cantidades de consumo; el SMEA clasifica los alimentos en 11 grupos denotados en este trabajo por  $S_k$ , donde cada elemento  $S_k$  con valores de macronutrientes denotados por  $M'_{kj}$ , algunos se observan en la tabla 3. En [44] hemos hallado una base de datos de 48 platillos que hacen el conteo de sus calorías basados en el SMEA.

Un plan dietético para el evento alimenticio  $E_i$  denotado por  $P_i$ , se forma al agregar platillos  $S_l$  que en conjunto cumplen las restricciones  $[g_{min}, g_{max}]_{i,j}$  y un máximo de repeticiones del elementos  $S_l$  en  $P_i$  denotado por  $n_k$ . Una vez obtenido dicho plan se asocia cada elemento  $S_l \in P_i$  a un elemento  $A_z \in S_l$  de acuerdo a las preferencias del paciente.

Platillos	Proteína	Lípidos	H. carbono
<b>PLATILLOS DE DESAYUNO Y MERIENDA</b>			
Huevo con verdura	8	8	2
Fruta con yogur	5	4	20
Huevo con leguminosa	11	8	10
Huevo con embutidos	11	13	0

Figura 3. Algunos platillos realizados considerado el SMEA

## 2.4 EVALUACIÓN Y MONITOREO DE LA EVALUACIÓN

Es importante tener en cuenta los tiempos para realizar una evaluación de la implementación de la intervención nutricional. Se necesita revisar y evaluar el estado de nutrición continuamente, al menos cada 2 semanas verificar si los resultados planes de intervención y si se llegó a las metas. Los expertos en el área de nutrición solicitan tres acciones principales:

- monitoreo del progreso
- medir resultados
- evaluar resultados.

## 2.5 EXTRACTO DEL PROCESO PARA GENERAR PLANES DIETÉTICOS

Después de haber revisado cada fase del PCN y haber comprendido cada acción a realizar se presenta una abstracción general de los pasos necesarios para obtener planes dietéticos en la figura 4, mostrando en bloque de colores cada etapa del PCN. El bloque amarillo representa la evaluación del paciente donde se recolectan los datos del paciente, el siguiente bloque de acuerdo al flujo del diagrama es el bloque azul donde se realiza el diagnóstico nutricional. El bloque verde representa la intervención nutricional donde se generan los planes dietéticos y el bloque naranja representa el monitoreo y evaluación de los resultados.

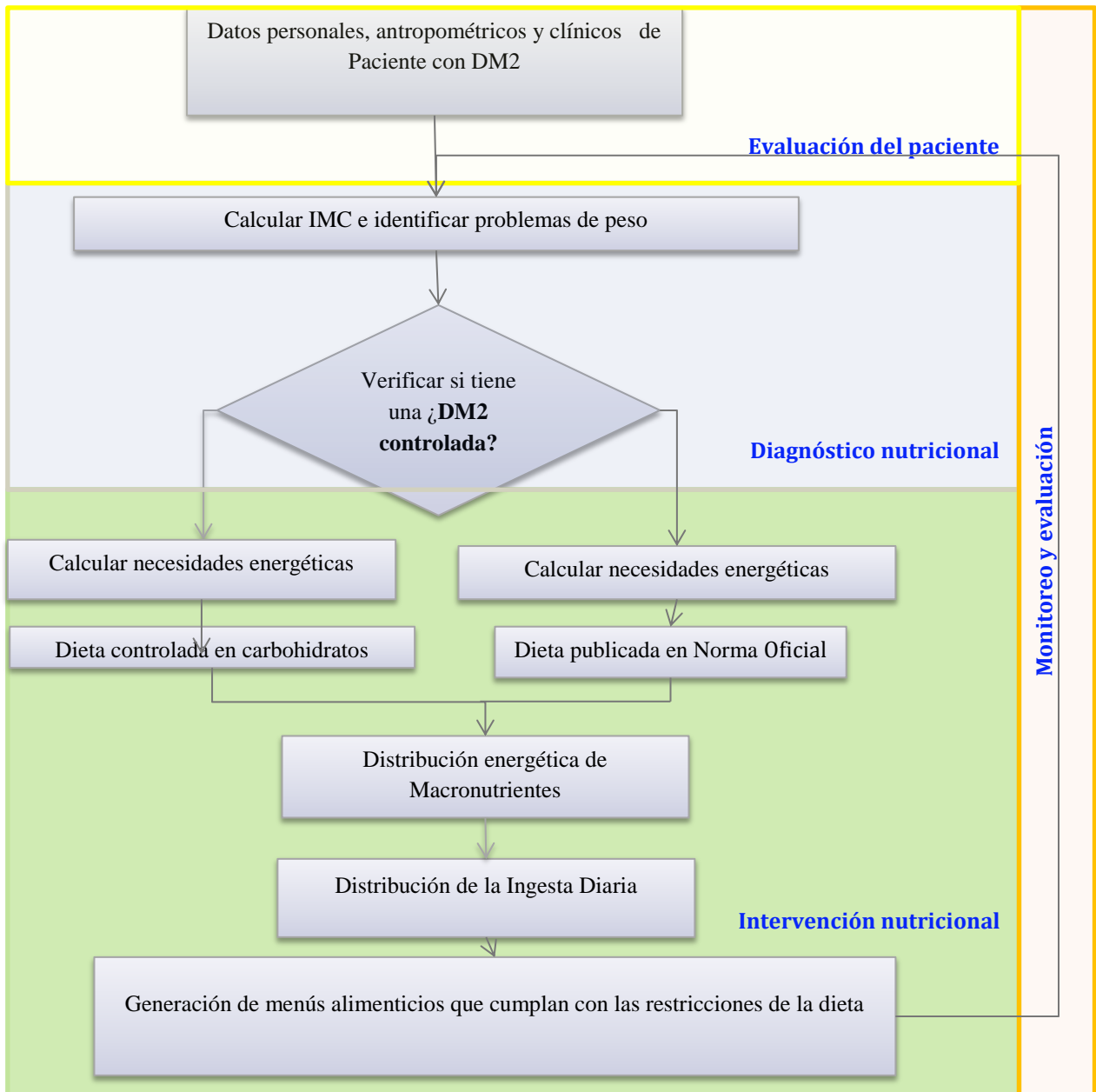


Figura 4. Abstracción de pasos para crear dieta bajo metodología PCN

En conclusión los pasos para tener los datos de referencia para crear una dieta se enumeran a continuación en la figura 5, que muestra la síntesis del trabajo presentando en este capítulo.

**Entrada:** nombre, género (M/F), edad (años), peso (kg), estatura (cm), complejión (pequeña/mediana/corpulenta), niveles de glucosa, tipo de prueba (HbA1c/PAG), actividad física (número de pasos promedio /etiqueta nivel actividad).

1. Inicio
2. Obtener\_IMC()
3. Identificar\_Problemas\_peso()
4. Estado\_control= Identificar\_Estado\_control()
5.  $[p_{min}, p_{max}] = \text{Buscar\_Peso\_ideal}()$
6.  $[GET_{min}, GET_{max}] = \text{Calcular\_Get\_max-min}([p_{min}, p_{max}])$
7.  $[m_{min}, m_{max}]_j = \text{Obtener\_distribución\_macronutrientes}(\text{Estado\_control})$
8. Para cada evento alimenticio  $E_i$  hacer
9.      $[c_{min}, c_{max}]_i = \text{Obtener\_porcentaje}([e_{min}, e_{max}]_i, [GET_{min}, GET_{max}])$
10.    Para cada macronutriente  $M_j$  hacer
11.          $[K_{min}, K_{max}]_{i,j} = \text{Obtener\_porcentaje}([m_{min}, m_{max}]_i, [c_{min}, c_{max}])$
12.          $[g_{min}, g_{max}]_{i,j} = \text{Convertir\_kcal\_gramos}([K_{min}, K_{max}]_{i,j})$
13.    Fin\_para
14.     $P_i = \text{Obtener\_plan}([g_{min}, g_{max}]_{i,1}, [g_{min}, g_{max}]_{i,2}, [g_{min}, g_{max}]_{i,3})$
15. Fin\_para
16. Fin

Figura 5. Pseudocódigo de procedimientos previos a generar planes dietéticos

Tras haber comprendido, analizado y resumido cada paso para generar planes dietéticos, a continuación se presenta un ejemplo para observar el proceso y los cálculos que se explicaron previamente.

**Ejemplo.** Sea un hombre adulto de 35 años, 70 kg, 170 cm, de complejión pequeña, 8% de la prueba HbA1c y sedentario. El análisis arroja que tiene IMC de 24.221, peso clasificado normal, su estado de DM2 es controlado y las necesidades energéticas calóricas son  $[GET_{min}, GET_{max}] = [2022, 2129]$ . La distribución (g) en cada  $E_i$  y a su vez en cada  $M_j$  es como se muestra en la tabla 7.

	<b>Desayuno</b>	<b>Colación</b>	<b>Comida</b>	<b>Colación<sub>2</sub></b>	<b>Cena</b>
Proteínas(g)	[15,28]	[6,12]	[15,28]	[6,12]	[9,20]
Lípidos(g)	[13,29]	[5,12]	[13,29]	[5,12]	[8,21]
Carbohidratos(g)	[70,112]	[28,48]	[70,112]	[28,48]	[42,80]

Tabla 8. Resultado del cálculo de necesidades calóricas en un paciente con DM2

Un plan dietético  $P_2$  para la primera colación podría devolver la solución en dos pasos, como se muestra en la tabla 8, siendo el resultado la combinación de verduras guisadas y galletas con queso asociadas a  $\frac{1}{2}$  taza de calabaza y 12 galletas saladas con 25 g de queso.

	<b>Proteínas</b>	<b>Lípidos</b>	<b>Carbohidratos</b>	<b>Raciones de grupos de SMEA</b>	<b>Asociación con alimento</b>
Verduras guisadas	2	3	4	1 verdura	$\frac{1}{2}$ taza de calabaza
Galletas con queso	6	5	15	3 piezas cereal $\frac{1}{2}$ grasa	12 piezas de galleta salada 25 g queso

Tabla 9. Plan dietético para la primera colación del ejemplo

## CAPÍTULO 3

### MODELADO E IMPLEMENTACIÓN EN $DLV^k$ PARA GENERAR PLANES DIETÉTICOS.

Del capítulo anterior se observa en el pseudocódigo de la figura 5 en la línea 14 se describe la rutina llamada *Obtener\_plan* que recibe como parámetros las restricciones  $[g_{min}, g_{max}]_{i,j}$  para cada evento alimenticio  $E_i$ , obteniendo como resultado un plan  $P_i$ , que es ejecutada por el entorno  $DLV^k$ . En este capítulo se describe el diseño de la representación del conocimiento y sistema de acción el cual tiene como objetivo generar planes dietéticos. Tras haber calculado las restricciones  $[g_{min}, g_{max}]_{i,j}$ , como vimos en el capítulo anterior, en esta sección se trata el modelado para generar planes dietéticos mediante el uso de  $DLV^k$ .

#### 3.1 ESTRUCTURA DEL MODELO

Primeramente para modelar el problema se divide el problema en subproblemas de modo que para cada evento alimenticio se supone se tiene un plato vacío. Como se observa en la figura 6, el plato tiene límites restrictivos de cada macronutriente  $[g_{min}, g_{max}]_{i,j}$  (valores de límites mínimos y máximos que debe cumplir cada macronutriente para tener un plato completo), al cual agregaremos platillo(s) denotado por  $S_k$  con cantidades de nutrientes cada macronutrientes  $M'_{kj}$ , y al agregarse  $S_k$  al plato se incrementa los valores nutrimentales del plato, ejecutando dicha acción hasta tener un plato completo.

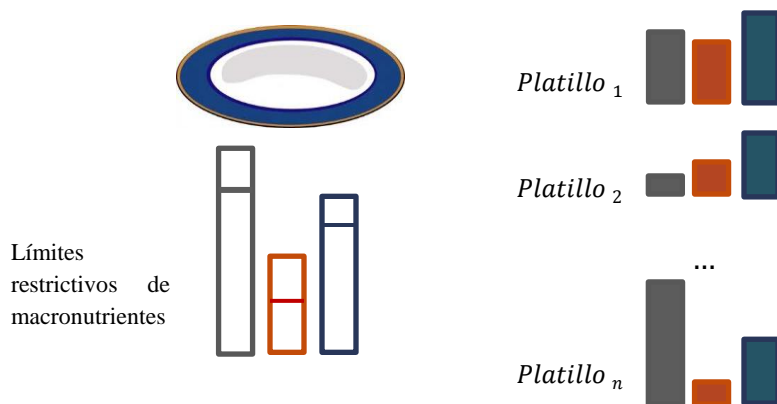


Figura 6. Abstracción para representar el conocimiento del sistema

Para el modelo describimos los dos elementos estáticos del problema en el archivo llamado *hechos.dl*, en el cual se describen los platillos candidatos a conformar el plan dietético con sus límites nutrimentales para cada evento alimenticio del siguiente modo:

1. La descripción de un platillo  $S_k$  participe a formar un plan dietético  $P_i$  para un evento  $E_i$  se conforma del nombre del platillo, ingrediente principal del platillo, sus valores respectivos de cada macronutrientes (proteínas, lípidos y carbohidratos), y el identificador de dicho platillo en la base de datos.

```
platillo(nombre_del_platillo,  
         ingrediente_principal,  
         núm_gramos_proteínas_del_platillo,  
         núm_gramos_lípidos_del_platillo,  
         núm_gramos_carbohidratos del_platillo,  
         identificador_del_platillo).
```

Por ejemplo al describir las quesadillas de flor de calabaza con ingrediente principal tortilla, 0 g de proteínas, 0 g de lípidos y 5 g de carbohidratos con identificador 60 lo codificamos del siguiente modo:

```
platillo(quesadillas_flor_calabaza,tortilla, 12,8,16,"60").
```

2. Recordar que cada evento alimenticio  $E_i$  tiene valores límites de cada macronutriente  $[g_{min}, g_{max}]_{i,j}$  de este modo en la siguiente línea codificamos la forma de dicho hecho:

```
x_macronutriente_lím(límite_inferior, límite_superior).
```

Por ejemplo sea un evento  $E_i$  que tiene límites restrictivos de proteínas [9,21] se codifica del siguiente modo:

```
proteinas_limites(9,21).
```

Es importante resaltar que la descripción de elementos estáticos se debe realizar con letras minúsculas, mientras que se codifica con la primera letra en mayúsculas las variables a instanciar. Ahora se describirá el sistema de acción conformado por fluentes, acciones y reglas (efectos de las acciones y las condiciones de ejecución de acción).

## I. FLUENTES

Se consideraron 5 propiedades que describen el estado del sistema, y pueden o no cambiar en la transición de cada estado.

1. La cantidad de cada macronutrientes contenida en el plato: lípidos, proteínas, carbohidratos representadas por las variables P, L, CH respectivamente:

```
macronutrientes_enPlato(P,L,CH) requires  
    range(P), range(L), range(CH) .
```

2. Los ingredientes principales de cada platillo contenidos en el plato. Este para verificamos cuantos, instanciando la variable C, de los llamados ingredientes principales denotados por I están contenidos.

```
ingredientes_enPlato(I,C) requires  
    platillo(N,I,P,L,CH,ID), range(C) .
```

3. Se ha pensado en “aislar” a un ingrediente principal de los candidatos a conformar un plan dietético, por lo que la siguiente línea codifica este hecho e instancia al ingrediente principal en la variable I, dicho ingrediente principal pertenece al platillo con nombre instanciado en la variable N, con valores nutrimentales(proteínas, lípidos y carbohidratos, respectivamente) en las variable P, L, CH

```
aislado(I) requires platillo (N,I,P,L,CH,ID) .
```

4. Una vez que se agrega un platillo al plato cumpliendo todas las restricciones el siguiente hecho se vuelve verdadero.

```
cargaMacronutrientes .
```

5. El siguiente hecho describe si el plato está completo o no lo está. Una vez que platocompleto es verdadero el plato ahora está completo.

```
platoCompleto .
```

## II. ACCIONES

La única acción considerada es agregar un platillo al plato. Agregar un platillo que tiene un nombre instanciando en la variable N, un ingrediente principal instanciado en la variable I, sus variables P, L, CH que son los valores nutrimentales del platillo (cantidad de proteínas, lípidos, carbohidratos respectivamente) y su identificador instanciado en la variable ID.

```
agregaPlatillo(N,I,P,L,CH,ID) requires
    platillo(N,I,P,L,CH,ID) .
```

## III. EFECTO DE LAS ACCIONES

Tras ejecutar la acción `agregaPlatillo` arriba descrita, suceden 7 efectos directos, descritos a continuación:

1. Tras ejecutar la acción `agregaPlatillo`, considerando los valores nutrimentales (proteínas, lípidos y carbohidratos) que el plato contiene instanciados en las variables `P_old`, `L_old`, `CH_old` respectivamente los nuevos valores nutrimentales del plato serán la suma respectiva de los actuales más los valores nutrimentales del platillo agregado, instanciándose respectivamente en las variables `P_new`, `L_new`, `CH_new`.

```
caused macronutrientes_enPlato(P_new,L_new,CH_new)
if P_new = P_old+P, L_new = L_old+L,
    CH_new = CH_old +CH
after agregaPlatillo(N,I,P,L,CH,ID),
macronutrientes_enPlato(P_old,L_old,CH_old) .
```

2. Tras agregar un platillo con un nombre instanciado en N, ingrediente instanciado en I, y valores nutrimentales (proteínas, lípidos y carbohidratos) instanciados en las variables `P1`, `L1`, `CH1`, siendo dichas variables mayor que 0, y teniendo en esta realidad valores nutrimentales instanciados en las variables `P`, `L` y `CH` se indica para el siguiente estado que ya no existen los mismo valores que antes se tenían puesto que serán modificados.

```

caused -macronutrientes_enPlato(P,L,CH)
after macronutrientes_enPlato(P,L,CH),
agregaPlatillo(N,I,P1,L1,CH1,ID), P1>0, L1>0, CH1>0.

```

- Después de agregar un platillo con un nombre instanciado en N, ingrediente instanciado en I, y valores nutrimentales (proteínas, lípidos y carbohidratos) instanciados en las variables P, L, CH, y habiendo actualmente C\_old número de Ingredientes de tipo I en el plato, en el próximo estado habrá C\_new número de Ingredientes de tipo I en el plato, siendo C\_new la resultante de incrementar en uno a C\_old.

```

caused ingredientes_enPlato(I,C_new)
if C_new = C_old+1
after agregaPlatillo(N,I,P,L,CH,ID),
    Ingredientes_enPlato(I,C_old).

```

- Después de agregar un platillo con un nombre instanciado en N, ingrediente instanciado en I, y valores nutrimentales (proteínas, lípidos y carbohidratos) instanciados en las variables P1, L1, CH1, y habiendo actualmente C número de Ingredientes de tipo I en el plato, en el próximo estado se indica que ya no hay C número de Ingredientes de tipo I en el plato, puesto que se modificarán con el efecto descrito anteriormente.

```

caused -ingredientes_enPlato(I,C)
after ingredientes_enPlato(I,C),
    agregaPlatillo(N,I,P1,L1,CH1,ID),
    P1>0,L1>0, CH1>0.

```

- Una vez que se ejecutó la acción agregarPlatillo de un platillo con un nombre instanciado en N, ingrediente instanciado en I, y valores nutrimentales (proteínas, lípidos y carbohidratos) instanciados en las variables P, L, CH, y habiendo actualmente C número de Ingredientes de tipo I en el plato, donde C es igual 1, se aísla al ingrediente I, con el fin de tener planes dietéticos con mayor variedad.

```

caused aislado(I)
    if Counter == 1
    after agregaPlatillo(N,I,P,L,CH, ID),
        ingredientes_enPlato(I,C).

```

6. Tal vez el núcleo del sistema sea este efecto de la acción. Tras agregar al plato a un platillo con un nombre instanciado en N, ingrediente principal instanciado en I, y valores nutrimentales (proteínas, lípidos y carbohidratos) instanciados en las variables P1, L1, CH1, habiendo actualmente en el plato los valores nutrimentales (proteínas, lípidos y carbohidratos) instanciados en las variables P, L, CH respectivamente, y dados los valores restrictivos que limitan al contenido deseado del plato (descritos en los elementos estáticos), si se al realizar la suma respectiva de los valores nutrimentales contenidos en el plato y los valores nutrimentales del platillo agregado se cumplen las restricciones de dicho plato entonces cargaMacronutriente será verdadero.

```

caused cargaMacronutrientes
    if TP = P+P1, TP >= MinP, TP <= MaxP,
        TL = L+L1, TL >= MinL, TL <= MaxL,
        TCH = CH+CH1, TCH >= MinCH, TCH <= MaxCH
    after agregaPlatillo(N,I,P1,L1,CH1, ID),
        macronutrientes_enPlato(P,L,CH),
        proteinas_limites(MinP,MaxP),
        lipidos_limites(MinL,MaxL),
        chidratos_limites(MinCH, MaxCH).

```

7. Tras agregar al plato a un platillo con un nombre instanciado en N, ingrediente principal instanciado en I, y valores nutrimentales (proteínas, lípidos y carbohidratos) instanciados en las variables P, L, CH, si se cargaMacronutriente es verdadero, entonces el plato está completo

```

caused platoCompleto if cargaMacronutrientes
    after agregaPlatillo(N,Ie,P,L,CH, ID).

```

#### IV. PRECONDICIONES DE EJECUCIÓN DE LAS ACCIONES

Dada solo una acción del sistema, se describe las precondiciones para su ejecución: se agrega un platillo con nombre instanciado en  $N$ , ingrediente principal instanciado en  $I$ , y valores nutrimentales (proteínas, lípidos y carbohidratos) instanciados en las variables  $P$ ,  $L$ ,  $CH$ , mientras no se cumpla que el plato está completo y no se haya aislado al ingrediente  $I$ .

```
executable agregaPlatillo(N,I,P,L,CH,ID)
if not platoCompleto, not aislado(I).
```

#### V. ESTADO INICIAL

El estado inicial describe los valores nutrimentales (proteínas, lípidos y carbohidratos) nulas presentes en el plato vacío, se indica el contador de cada ingredientes principales en el plato es nulo, el plato no está completo, y ningún ingrediente está aislado.

```
initially:
macronutrientes_enPlato(0,0,0).
ingredientes_enPlato(Ingrediente,0).
-platoCompleto.
-aislado(I).
```

#### VI. ESTADO FINAL O META

El objetivo del sistema de acción es agregar platillos al plato hasta tener un plato completo en 3 pasos, descrito usando la palabra reservada `goal`, como sigue:

```
goal: platoCompleto ? (3)
```

A continuación se muestra la ejecución para obtener un plan (o más planes) para el evento  $E_4$  del ejemplo de la sección 3.2 correspondiente a la segunda colación con restricciones: proteínas [6,12], lípidos [5,12] y carbohidratos [28,48]. Primeramente definimos los elementos estáticos en el archivo `colacion2.dl` del siguiente modo:

```
platillo(ensaladas_con_pollo,verduras,14,15,6,"113").
platillo(agua_de_sandia,agua,0,0,10,"8").
```

```

platillo(galletas_con queso_,harina,6,5,15,"22").
platillo(pan_de_avena,pan,4,10,30,"85").
proteinas_limites(6,12).
lipidos_limites(5,12).
chidratos_limites(28,48).
range(X) :- #int(X), 0 <= X, X <= 48.

```

## VII. PLAN

Una vez que el sistema de acción con el nombre de *genera\_plan.plan*. Se ejecuta la implementación con el siguiente comando:

```
C:/dlv.exe genera_plan.plan colacion2.dl -FP -N=48
```

El resultado de la ejecución desarrollado en tres estados o pasos se muestra en la tabla 9, en al cual se observa la transición de estados y el cambio en los fluentes del sistema, tras realizar una acción, notando que también puede cambiar de estado sin ocurrir ninguna acción, puesto que el sistema de acción así lo planteo.

Estado		Acción
0	aislado(verduras), -aislado(agua), -aislado(harina), -aislado(pan), -aislado(leche), -platoCompleto, ingredientes_enPlato(verduras,0), ingredientes_enPlato(agua,0), ingredientes_enPlato(harina,0), ingredientes_enPlato(pan,0), ingredientes_enPlato(leche,0), macronutrientes_enPlato(0,0,0)	agregaPlatillo(verdolagas_con_limon_y_sal, verduras,4,0,8,"18")
1	aislado(verduras), -aislado(leche), -aislado(pan), -aislado(harina), -aislado(agua), -platoCompleto, ingredientes_enPlato(verduras,1), -ingredientes_enPlato(verduras,0), ingredientes_enPlato(leche,0), ingredientes_enPlato(pan,0), ingredientes_enPlato(harina,0), ingredientes_enPlato(agua,0), macronutrientes_enPlato(4,0,8), -macronutrientes_enPlato(0,0,0)	agregaPlatillo(pan_de_avena,pan,4,10,30,"8 5")

2	aislado(verduras), -aislado(leche), aislado(pan), -aislado(harina), -aislado(agua), platoCompleto, ingredientes_enPlato(verduras,1), ingredientes_enPlato(pan,1), ingredientes_enPlato(verduras,0), ingredientes_enPlato(leche,0), -ingredientes_enPlato(pan,0), ingredientes_enPlato(harina,0), ingredientes_enPlato(agua,0), macronutrientes_enPlato(8,10,38), -macronutrientes_enPlato(4,0,8), cargaMacronutrientes	(no action)
3	aislado(verduras), -aislado(leche), aislado(pan), -aislado(harina), -aislado(agua), platoCompleto, ingredientes_enPlato(verduras,1), ingredientes_enPlato(pan,1), ingredientes_enPlato(leche,0), ingredientes_enPlato(agua,0), ingredientes_enPlato(harina,0), ingredientes_enPlato(verduras,0), -macronutrientes_enPlato(4,10,30), macronutrientes_enPlato(8,10,38), cargaMacronutrientes	

Tabla 10. Ejecución del modelo con  $DLV^k$

Se observa como al realizar la acción agregar se cambia de estado, modificando las propiedades del sistema y cumpliendo con las restricciones asignadas hasta tener un platoCompleto, así generado el siguiente plan.

El plan generado y mostrado en este trabajo consiste en agregar dos platillos: verdolagas con sal y limón y pan de avena, al realizar las siguientes acciones:

PLAN:

agregaPlatillo(verdolagas\_con\_limon\_y\_sal,verduras,4,0,8,"18");

agregaPlatillo(pan\_de\_avena,pan,4,10,30,"85"); (no action)

## **CAPÍTULO 4**

### **PROTOTIPO DEL SISTEMA**

En este apartado presentamos el trabajo realizado para el desarrollo del prototipo del sistema planificador de dietas para pacientes con DM2 denominado Nutriplan DM2, mediante el análisis del sistema, diseño e implementación del sistema.

#### **4.1 ANÁLISIS DEL SISTEMA**

A continuación realizaremos el análisis de sistema, explorando el planteamiento del problema, el objetivo del sistema, sus alcances y restricciones, funciones y el estudio detallado de los requerimientos del sistema.

##### **4.1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Este proyecto como sus objetivos lo enmarcan es el de realizar una aplicación que genere planes dietéticos de manera automática para un paciente con Diabetes Mellitus tipo 2. Resolviendo el problema con la metodología para crear una dieta estudiada en el capítulo 2 y resolviendo la planificación con el uso de  $DLV^k$  revisado en el capítulo 3. Dados los datos personales, clínicos y antropométricos especificados, se monitorea el peso y los niveles de glucosa, se procesa esta información para hallar los adecuados límites calóricos energéticos a consumir por día y de acuerdo a una distribución de nutrientes finalmente proporcionar al paciente en cada evento alimenticio una combinación de platillos que conformen una dieta equilibrada con estricto control en porciones.

El objetivo de esta aplicación es lograr una plataforma tecnológica que proporcione diariamente en cada evento alimenticio una dieta personalizada restringida por objetivos nutricionales mediante la generación automática de planes dietéticos con los que el usuario se comprometa a su consumo para obtener resultados positivos en control metabólico de la enfermedad y en peso.

##### **4.1.2 DESCRIPCIÓN GENERAL**

El sistema dirigido a pacientes, en primera instancia el usuario debe registrar sus datos en el sistema como se indica en el apartado 2.1 *Evaluación del paciente*.

- Nombre
- Edad
- Sexo
- Peso
- Estatura
- Perímetro Cintura
- Número de pasos (Nivel de Actividad física)
- Compleción
- Tipo de prueba de glucosa
- Valores registrados por la prueba de glucosa

A continuación se calcula el IMC y el sistema le hará un diagnóstico nutricional verificando dos objetivos en el apartado 2.2 *Diagnóstico nutricional*.

1. Si el paciente tiene una DM 2 control metabólico de la enfermedad positivo o negativo.
2. Si el paciente tiene problemas de peso (bajo de peso, normal, sobrepeso, obesidad I, obesidad II u obesidad III).

Una vez calculado las necesidades energéticas en calorías totales se debe saber si el paciente con DM2 su diabetes está controlada o no para determinar la distribución de macronutrientes para la dieta a prescribir estudiada en el apartado 2.3 *Intervención nutricional*.

Cada vez que el usuario ingrese al sistema debe registrar ciertos datos que varían en el tiempo (peso, estatura, tipo de prueba de glucosa, nivel registrados por prueba de glucosa, perímetro de cintura, número de pasos caminados al día) dada esta información el sistema realice una evaluación también podrá llevar un historial así como se indica en 2.4 *Monitorización y evaluación de la nutrición*.

El sistema debe ser capaz de sugerir al paciente con DM2 menús que cuantitativamente cumplen las restricciones de una dieta personalizada.

#### **4.1.3 CARACTERÍSTICAS DEL USUARIO**

El sistema está dirigido hacia pacientes de Diabetes Mellitus tipo 2 de reciente diagnóstico, no insulino dependientes, no especialistas en el área de nutrición, hombres o mujeres con una edad entre 25 y 65 años, no embarazadas, que no presentes complicaciones mayores

(nefropatía, enfermedad cardiovascular, etc.,) y solo ocasionales (hipertensión ocasional, resfriado, etc.), que están bajo supervisión médica y que diariamente registran sus datos acerca de los valores de glucosa, el paciente debe estar interesado y comprometido con su alimentación como parte del tratamiento del control de la DM2.

#### **4.1.4 ALCANCE DEL SISTEMA**

Se ha constatado la necesidad de un sistema informático que automatice las labores para realizar los cálculos energéticos y planificar menús en una dieta equilibrada, Nutriplan DM2 se plantea como un sistema que da sugerencias dietéticas al paciente pero debe estar consiente el paciente de la asistencia de un médico, sobre todo si el sistema le indica al paciente que el estado metabólico de la enfermedad no es controlado. El Sistema Planificador de Dietas para Pacientes con DM2 estará basado en:

- Datos personales, antropométricos y clínicos específicos del paciente.
- Una lista de 60 platillos mexicanos con propiedades y porciones recomendadas.
- En estructuras oficiales como la Norma Oficial Mexicana para el prevención, tratamiento y control NOM-015-SSA2-2010 [37] y documentos guías del IMSS [34] y de la Asociación Latinoamericana de Diabetes [2].
- Consulta a expertos en nutrición

Las restricciones que Nutriplan DM2 incluye son:

- El sistema no contempla el conteo de pasos, sino que el paciente cuente con su podómetro para el conteo de los pasos.
- El sistema no contempla a los pacientes insulino dependientes.
- El sistema no abarca la actualización de la base de datos de alimentos
- El sistema no incluye un contacto con el médico
- El sistema será usado en una computadora personal de modo individual para el paciente, sin autenticación.

- Todo el material que se realice para el usuario y la aplicación debe de estar en lenguaje español.
- El sistema debe tener controles adecuados para la validación de datos.
- El sistema debe indicar en que unidades se deben introducir los datos

#### 4.1.5 FUNCIONES DEL PRODUCTO

El sistema Nutriplan DM2 deberá cumplir con las siguientes funciones a realizar, descritas en la tabla 10, entre las que se encuentran registrar datos del paciente, verificar los resultados del diagnóstico nutricional, recibir planes dietéticos para cada evento alimenticio, visualización del historial de peso y control metabólico de la enfermedad.

Actor	Funciones
Paciente con DM2	Registrar sus datos personales, antropométricos y clínicos
	Verificar los resultados del diagnóstico nutricional
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peso ideal</li> <li>• Límites calóricos energéticos de consume diario</li> <li>• IMC</li> <li>• DM2 controlada/descontrolada</li> </ul>
	Recibir planes dietéticos para cada evento alimenticio
	Visualización de los cambios de peso y control metabólico de la enfermedad en el tiempo

Tabla 11. Funciones del sistema planificador dietético

#### 4.1.6 REQUERIMIENTOS FUNCIONALES

En este apartado se presentan las tablas 11 a la 13 que sirven para el análisis cada uno de los requerimientos funcionales.

La función de registro de datos del paciente es descrito en la tabla 11 donde se indica las unidades en la cuales deberán introducirse los datos al sistema en la interfaz del sistema, los datos una vez validados se almacenaran en la base de datos y la salida comprende la confirmación del almacén de éstos datos.

<b>Función</b>	<b>Registrar sus datos personales, antropométricos y clínicos</b> <b>Administrar datos personales</b>
<b>Descripción</b>	El usuario deberá darse de alta al sistema con el registro de sus datos. Y diariamente registrar sus datos temporales (indicados con un ‘*’).
<b>Entrada</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nombre</li> <li>• Complexión</li> <li>• Sexo (Masculino/Femenino)</li> <li>• Edad (Años)</li> <li>• Peso (Kilogramos)*</li> <li>• Estatura (Centímetros)*</li> <li>• Perímetro de Cintura (Centímetros)*</li> <li>• Número de Pasos que realiza al día *</li> <li>• Tipo de Prueba que se realizó (PGA ó HbAc1)*</li> <li>• Niveles de Glucosa*</li> </ul>
<b>Proceso</b>	Almacenar Datos
<b>Salida</b>	Confirmación de los datos almacenados
<b>Restricciones</b>	El usuario debe obligatoriamente llenar todos los campos solicitados

Tabla 12. Requerimiento funcional de registro de datos del paciente

La tabla 12 presenta el requerimiento funcional de verificar los resultados del diagnóstico nutricional, donde la entrada de datos para este proceso son los datos registrados en el requerimiento funcional anterior y el proceso que se realiza en esta función es el descrito en el apartado 2.2 *Diagnóstico nutricional* y la salida será información acerca del diagnóstico.

<b>Función</b>	<b>Verificar los resultados del diagnóstico nutricional</b>
<b>Descripción</b>	Con los datos antes registrados el sistema realizara una evaluación para indicarle al paciente si tiene problema de peso y si cómo es el estado metabólico de la enfermedad.

<b>Entrada</b>	Datos del paciente registrados en tabla 11.
<b>Proceso</b>	Se hace una evaluación con tablas y fórmulas establecidos en el apartado 2.2 Diagnóstico nutricional
<b>Salida</b>	Visualización de los siguientes datos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• IMC</li> <li>• Peso Ideal</li> <li>• Límites calórico energéticos recomendados por día</li> <li>• Estado de metabólico de la DM2</li> </ul>
<b>Restricciones</b>	El usuario solo puede visualizar los datos.

Tabla 13. Requerimiento funcional de verificar resultados del diagnóstico nutricional

A continuación se presenta el requerimiento funcional de recibir planes dietéticos para cada evento alimenticio en la tabla 13, donde el usuario solicita y dados los límites calóricos energéticos diariamente distribuidos en los 5 eventos alimenticios y distribuidos en cada macronutrientes se resuelve la planificación como se describe en el capítulo 3 y la salida será los planes dietéticos diarios.

<b>Función</b>	<b>Recibir planes dietéticos para cada evento alimenticio</b>
<b>Descripción</b>	El usuario solicitará al sistema 5 planes dietéticos diarios.
<b>Entrada</b>	Solicitud de proceso
<b>Proceso</b>	El sistema de acuerdo con las restricciones y ajustes personales y adecuados generará un plan de 5 eventos alimenticios para el paciente.
<b>Salida</b>	Planes dietéticos para cada uno de los 5 eventos alimenticios.
<b>Restricciones</b>	El usuario solo visualizar los planes dietéticos generados

Tabla 13. Requerimiento funcional de recibir planes dietéticos por evento alimenticio

En la tabla 14 se muestra el requerimiento funcional de visualización de los cambios de peso y control metabólico de la enfermedad en el tiempo, donde el usuario solicita esta función y el sistema le muestra en gráficas como ha cambiado el peso y el control metabólico de la DM2 en el tiempo dado los datos almacenados en el sistema.

<b>Función</b>	<b>Visualización de los cambios de peso y control metabólico de la enfermedad en el tiempo</b>
<b>Descripción</b>	El usuario tiene la opción de revisar los niveles de glucosa previamente registrados para conocer la evolución de su enfermedad.
<b>Entrada</b>	Solicitud de Proceso
<b>Proceso</b>	Mostrar mediante gráficas los niveles de glucosa registrado, indicando fechas.
<b>Salida</b>	Gráficas ilustrativas
<b>Restricciones</b>	El usuario solo puede visualizar las gráficas

Tabla 14. Requerimiento funcional de visualización del historial de metas: peso y control

#### 4.1.7 DIAGRAMA DE CASOS DE USO

Cómo parte del análisis se presenta a continuación el diagrama de casos de uso para describir lo que el sistema debe hacer de manera general, la interacción del único usuario del sistema que es el paciente con DM2 con el sistema al realizar las siguientes acciones: ingresar datos del paciente por primera vez, registrar los datos temporales para evaluarlos, verificar el diagnóstico nutricional, recibir planes dietéticos y verificar en gráficas los cambios de peso y control metabólico de la enfermedad. De este modo presentamos la figura 7 que muestra 5 funciones principales y sus interrelaciones con subprocesos ligados a dichas funciones.

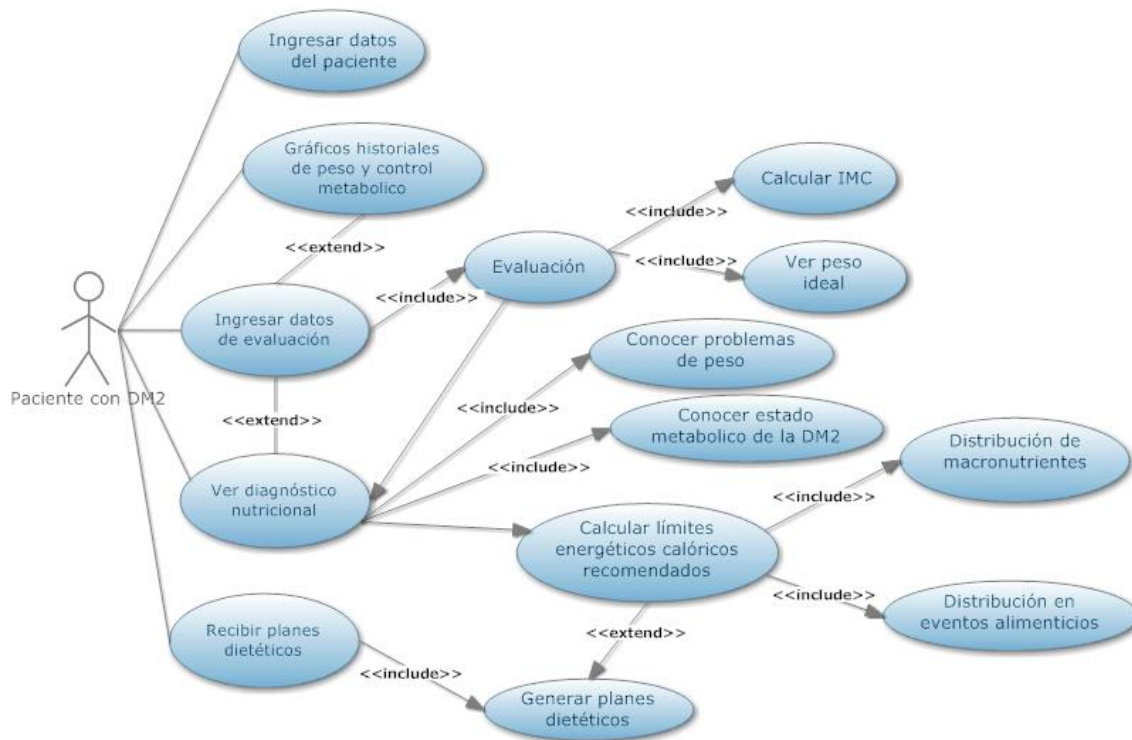


Figura 7. Diagrama de casos de uso del sistema planificador dietético

## 4.2 DISEÑO DEL SISTEMA

Como parte del diseño se consideraron los siguientes artefactos de software flujo del sistema, diagrama de secuencia, diagrama de actividades y diagrama de clases, para describir el cómo se realiza el prototipo del sistema.

### 4.2.1 FLUJO DEL SISTEMA

A continuación se describe el flujo del sistema que inicia cuando el paciente con DM2 registra sus datos en el sistema, el sistema calcula las necesidades energéticas, realiza el diagnóstico de problemas de peso y los niveles de glucosa registrados. Si de acuerdo al análisis de los niveles de glucosa resulta que el paciente tiene una DM2 controlada se asignará una distribución de macronutrientes por ingesta diaria  $m_k$  que proporciona los porcentajes de cada macronutriente que deberán obtenerse del número de kilocalorías totales y luego convertir en gramos, esta será los límites diarios de cada macronutriente. Ahora por cada evento alimenticio se presenta una distribución de eventos alimenticios  $e_i$

que proporciona los porcentajes de cada evento alimenticio en una ingesta diaria y que aplicando la distribución de  $m_k$  a cada evento, calcular las calorías resultantes de cada macronutriente en cada evento alimenticio y convertirlas a gramos.

Una vez generados estos 15 elementos de la dieta, la planificación consiste en asignar un menú que cumpla las restricciones de macronutrientes en cada evento alimenticio.

Si el paciente con DM2 está en descontrol, se seguirá el mismo proceso descrito arriba solo que con unas variantes: se asignará otra distribución de macronutrientes  $m'_k$  que tendrá un dominio de los alimentos de la base almacenada.

Presentamos un flujo de acciones mediante el siguiente diagrama de actividades

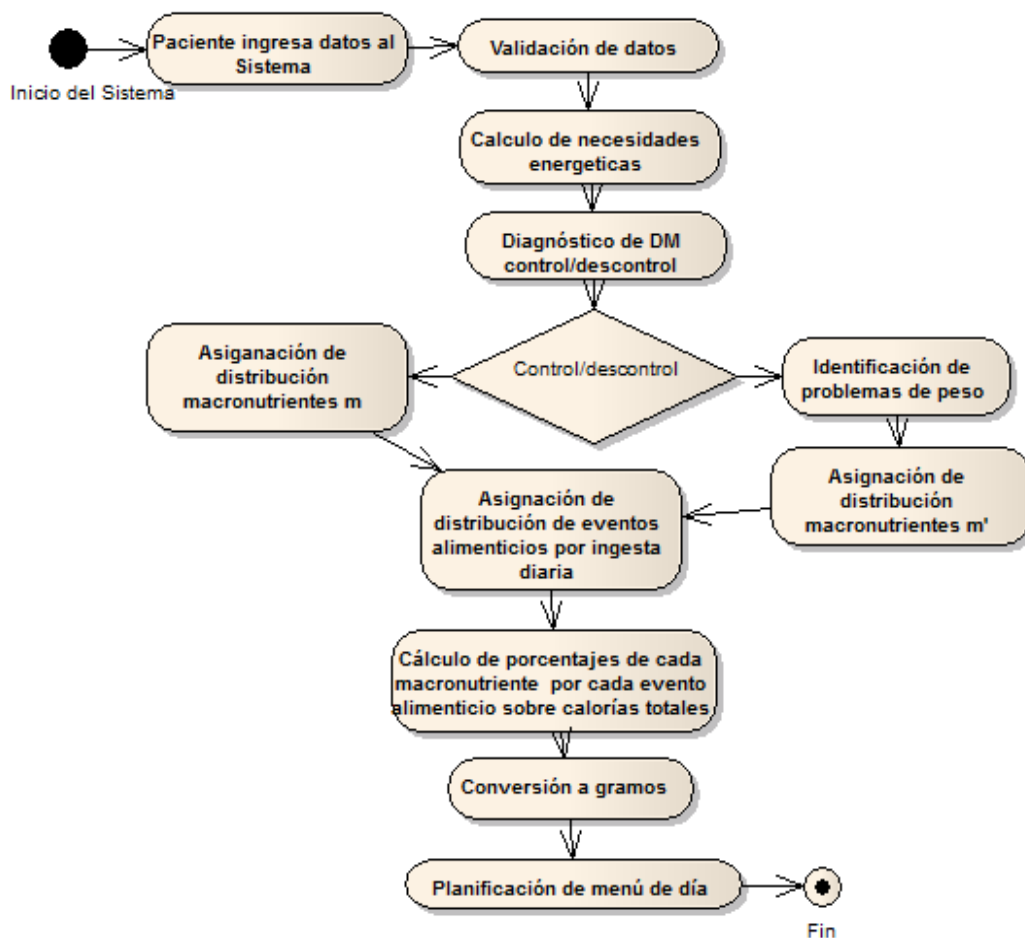


Figura 8. Diagrama de actividades del sistema planificador

### 4.2.2 DIAGRAMA DE SECUENCIA

Los siguientes diagramas de secuencia correspondientes a cada mostramos cada requerimiento funcional. En la figura 9 se muestra el diagrama de secuencia del almacén de datos del paciente proporcionándolos a la interfaz.

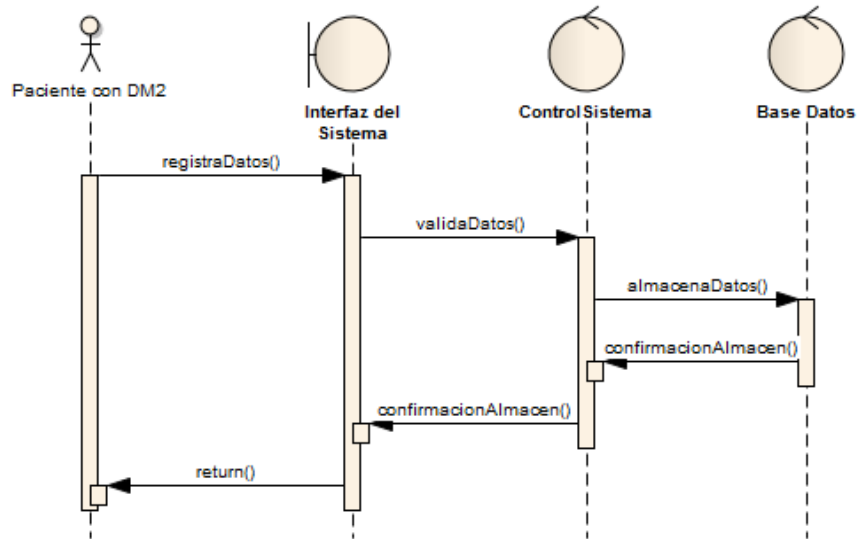


Figura 9. Diagrama de secuencia del requerimiento para almacenar datos

La figura 10 se muestra el diagrama de secuencia del requerimiento funcional: verificar resultados del diagnóstico nutricional.

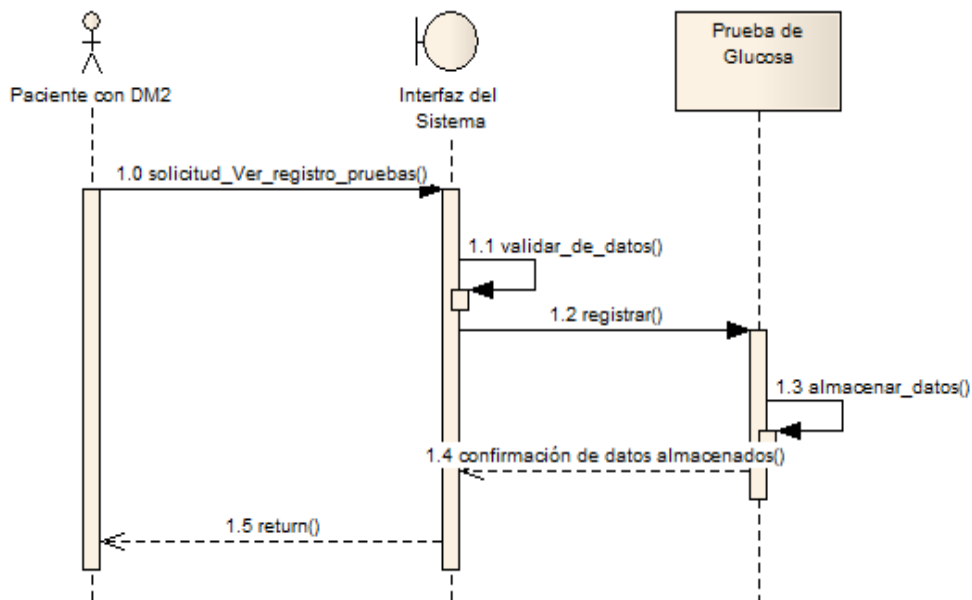


Figura 10. Diagrama de secuencia del requerimiento: registro de pruebas de glucosa

La figura 11 se muestra el diagrama de secuencia del requerimiento funcional: recibir planes dietéticos para cada evento alimenticio

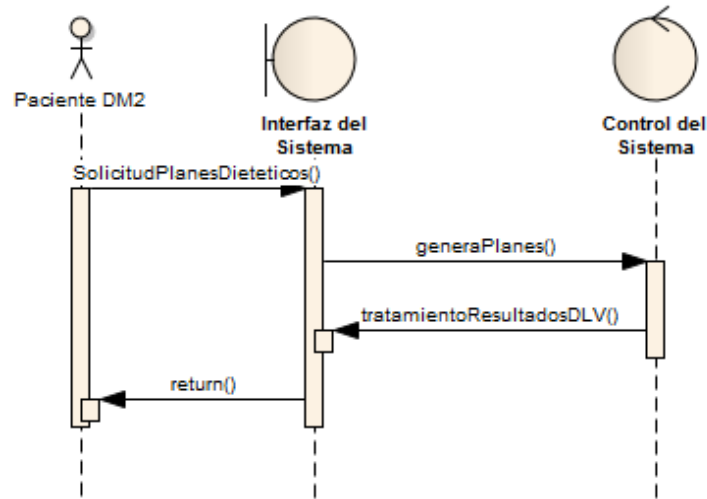


Figura 11 Diagrama de secuencia del requerimiento recibir planes dietéticos

La figura 12 se muestra el diagrama de secuencia del requerimiento funcional: visualización de los cambios de peso y control del estado metabólico de la DM2.

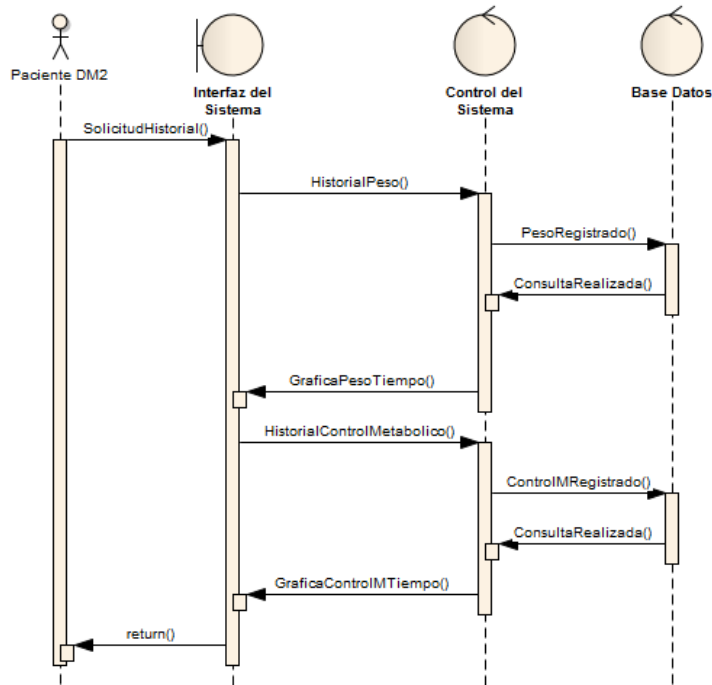


Figura 12. Diagrama de secuencia para visualizar el historial de peso y control

### 4.2.3 DIAGRAMA RELACIONAL

Presentamos el diagrama entidad-relación que expresa la relación de los principales elementos del sistema realizada con la herramienta Mysql Workbench.

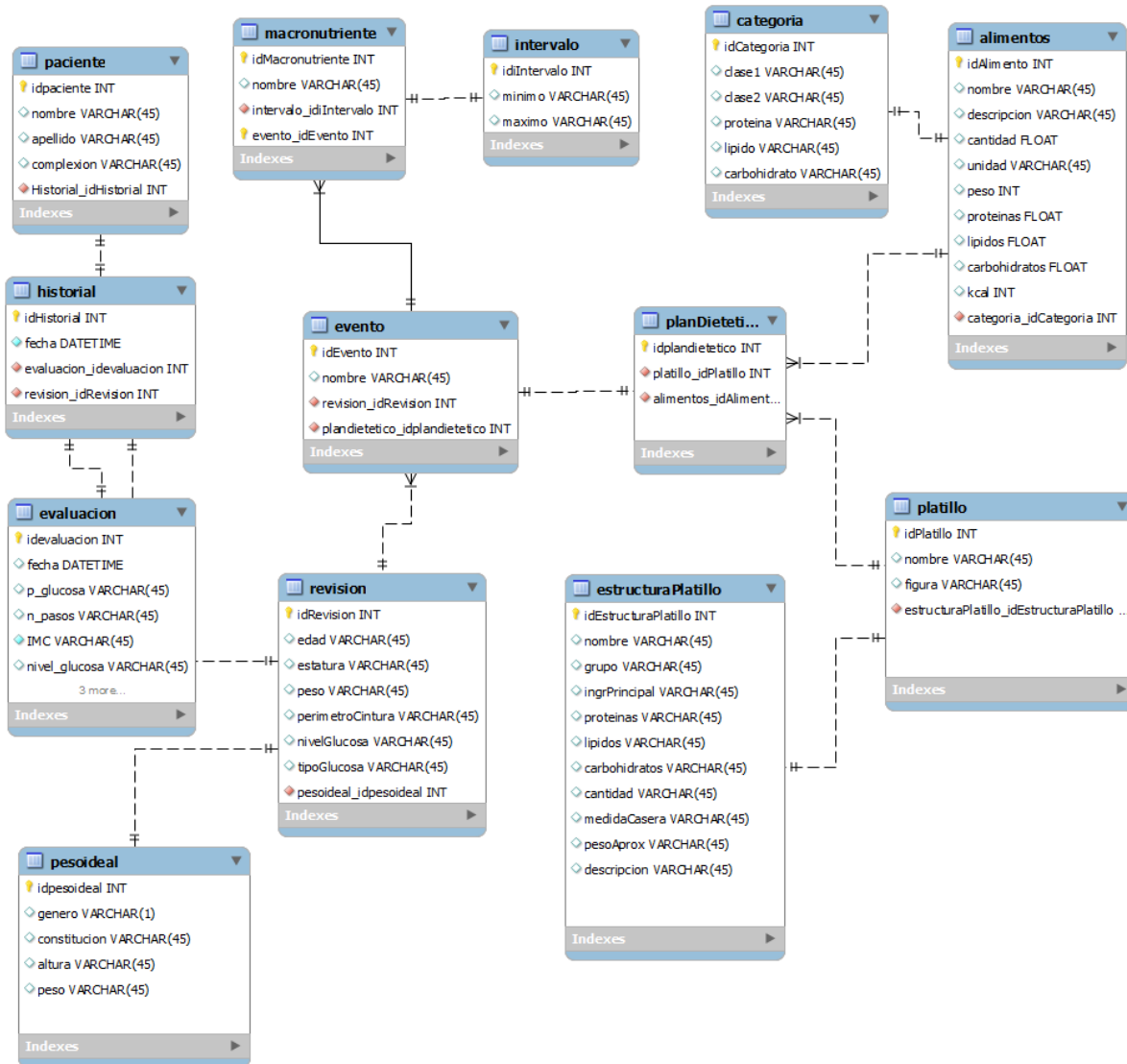


Figura 13. Diagrama relacional del sistema Nutriplan DM2

### 4.3 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA NUTRIPLAN DM2

Una vez que se ha mostrado los requerimientos, el modelado y el diseño del sistema, se mostrará a continuación la implementación que se ha hecho del sistema.

El sistema Nutriplan DM2 se conforma de dos componentes principales: el primero se conforma por el entorno Java que contiene la interfaz y hace la comunicación del usuario, recaba los datos del paciente y recibe la solicitud del usuario para cada función, preprocesa la información y genera archivos .dl que contiene los límites calóricos energéticos para cada evento alimenticio e información de los platillos candidatos a formar un plan dietético; el segundo componente es el entorno  $DLV^k$  que genera los planes dietéticos información que entrega al entorno Java este la procesa y se la proporciona al usuario.

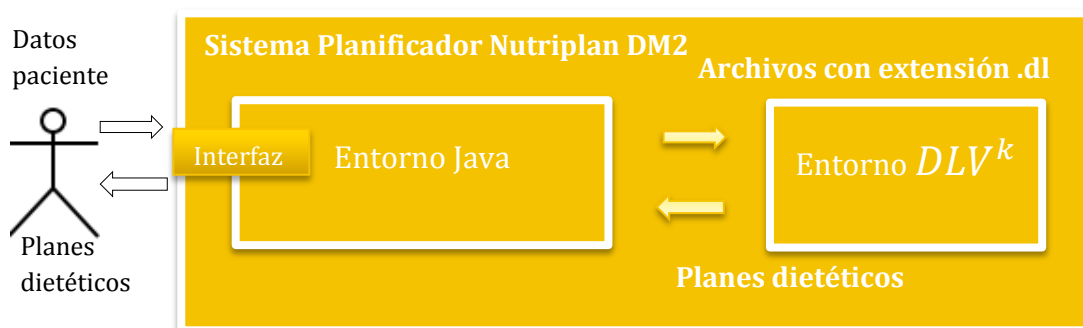


Figura 14. Componentes principales del sistema planificador Nutriplan DM2

En la implementación se utilizó la arquitectura del Modelo-Vista-Controlador, desarrollado bajo el lenguaje Java con el Framework Net Beans IDE 7.3.1 con el uso de dos librerías: JFreeChart y MySqlConnection. Además se utilizó el entorno de desarrollo web para Windows para crear aplicaciones web con Apache llamado WAMPServer 2.4

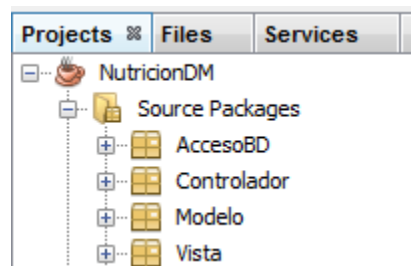


Figura 15. Modelo-Vista-Controlador del sistema planificador Nutriplan DM2

A continuación se muestra la implementación del sistema, haciendo una revisión de cada una de las funcionalidades del sistema.

## I. PRESENTACIÓN

En la figura 16 se muestra la pantalla inicial del sistema que da la bienvenida al usuario.



Figura 16. Pantalla Inicial del sistema Nutriplan DM2

## II. PRIMER REGISTRO DE DATOS DEL PACIENTE.

Esta es la pantalla que aparece cuando el usuario se registra por primera vez.



Figura 17. Pantalla Inicial del sistema Nutriplan DM2

### III. REGISTRO DE DATOS CLÍNICOS Y ANTROPOMÉTRICOS

La función de adquirir datos para poder crear un perfil personalizado, esto servirá para generar los planes alimenticios del usuario, esto se puede ver en la figura.

The screenshot shows the 'Nutriplan DM2' interface for entering user data. The header includes the logo and the title 'Planificador de Recomendaciones Dietéticas para pacientes con Diabetes Mellitus tipo 2'. Navigation buttons for 'Usuario', 'Historial', and 'Menú hoy' are visible. The main form contains fields for 'Estatura' (150 m), 'Peso' (47 Kg), and 'Perimetro de cintura' (65 cm). A 'Prueba de Glucosa' section has a dropdown menu with options: '-PRUEBA-', '-PRUEBA-', 'PGA (Prueba de Glucosa en Ayuno)', and 'HBAC1 (Hemoglobina Glucosilada)'. Below this, there are fields for 'Número de pasos' (5550) and 'Actividad Física' (NIVEL ACTIVIDAD). A 'VER REPORTE HOY' button is at the bottom. On the right, there are date indicators (20/09/2013) and three informational cards: 'Consumo frutas y verduras Y no olvides tomar agua', 'Cuida tu Salud Verifica tus niveles de glucosa', and an illustration of a table with chairs.

Figura 18. Pantalla para la adquisición de datos del usuario del sistema Nutriplan DM2

### IV. EVALUACIÓN DE LOS DATOS Y DIAGNÓSTICO DEL PACIENTE

Una vez que se adquiridos los datos del usuario el sistema es capaz de generar un análisis de esa información para ver el estado del usuario como se ve en la figura 19.

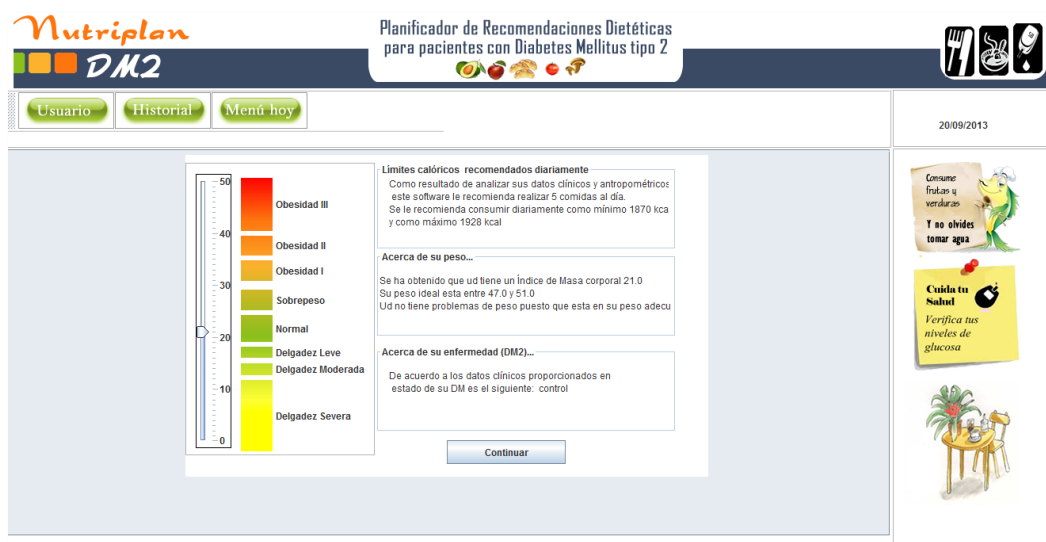


Figura 19. Pantalla del análisis de datos del usuario del sistema Nutriplan DM2

## V. GENERACIÓN DE PLANES ALIMENTICIOS

En la figura 20, se presenta la solicitud de la generación de planes alimenticios, a continuación se presenta como el sistema presenta los planes generados.



Figura 20. Solicitud para generar planes alimenticios del sistema Nutriplan DM2

Nutriplan DM2 genera planes alimenticios para el desayuno, colación 1, comida, colación 2 y cena; el sistema puede mostrar diversas opciones de platillo para que el usuario pueda elegir dentro de esta gama de alimentos el de su mayor agrado.



Figura 21. Generación de planes dietéticos para el desayuno del sistema Nutriplan DM2



Usuario Historial Menú hoy

20/09/2013

Desayuno Colación 1 Comida Colación 2 Cena

Plan No. 8 Se generaron 11 planes

Verduras crudas con limon y sal	6 taza(s) Lechuga (282 g) 1/2 pieza Extracto de limón (34 g)	
Licuados de fruta	1 taza Leche descremada (245 g) 1/2 taza Fresa rebanada (83 g) 1 cucharadita Azucar de Mesa (4 g)	



Lipidos  
Proteinas  
Carbohidrato:

33 g Carbohidratos  
13 g Proteinas  
8 g Lipidos  
469 Calorias



Figura 22. Planes dietéticos para la primera colación del sistema Nutriplan DM2



Usuario Historial Menú hoy

20/09/2013

Desayuno Colación 1 Comida Colación 2 Cena

Plan No. 1 Se generaron 6 planes

Fruta con Yoghurt	1 taza Papaya picada (140 g) 1/2 taza Yoghurt (114 g)	
Agua de fruta	pieza Melón (68 g) 1 cucharadita Azucar de Mesa (4 g)	
Carne, Pollo o pescado guisados con sals	4 pieza Fajita de pollo sin piel (99 g) 2 cucharada(s) Aderezo (30 g)	



Lipidos  
Proteinas  
Carbohidrato:

44 g Carbohidratos  
27 g Proteinas  
23 g Lipidos  
1116 Calorias



Figura 23. Planes dietéticos para la comida del sistema Nutriplan DM2



Figura 24. Planes dietéticos para la segunda colación del sistema Nutriplan DM2

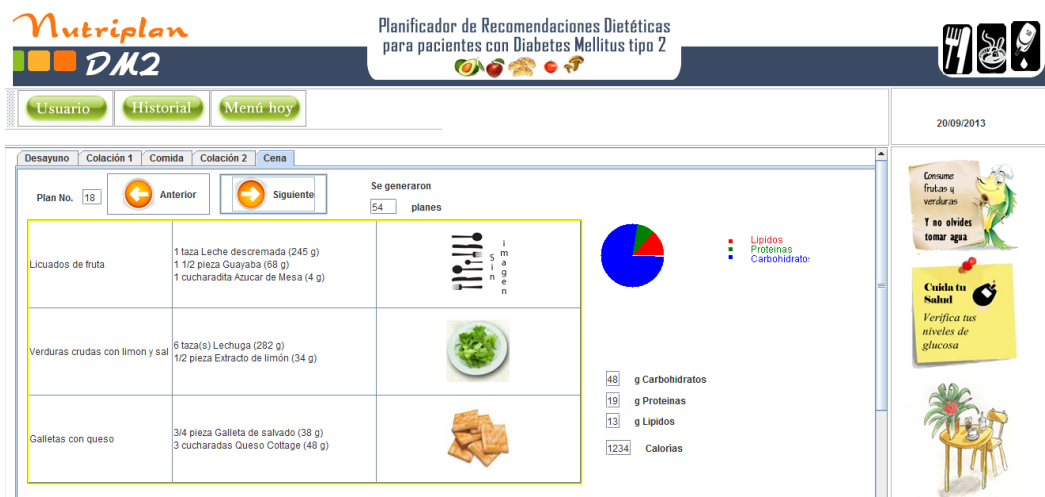


Figura 25. Planes dietéticos para la cena del sistema Nutriplan DM2

Como se muestra en las figura 21, 22, 23, 24 y 25 se visualiza los planes generados para el desayuno, la primera colación, la comida, la segunda colación y la cena respectivamente; donde se describen las porciones que conforman al platillo y mediante un grafico se despliegan los valores nutricionales de cada platillo (proteínas, carbohidratos, lípidos y el número de calorías).

## VI. GENERACIÓN DE HISTORIAL

El sistema también puede generar un historial de como el usuario va progresando, esto es una funcionalidad de gran importancia pues se debe hacer un seguimiento periódico del estado del usuario, para que así un experto puede hacer ajustes o un nuevo diagnóstico sobre el comportamiento que tiene el usuario. En la figura se muestra como se genera un gráfico generado por el sistema para ver el comportamiento del peso del usuario, donde la línea roja muestra los cambios registros en el peso y la línea azul muestra el control metabólico de la enfermedad donde mediante +5 se indica control positivo y -5 indica control negativo.



Figura 26. Generación del historial del peso de un usuario del sistema Nutriplan DM2

## CONCLUSIONES

El propósito inicial de este trabajo planteado arriba fue realizar una aplicación con fundamentos de la Inteligencia Artificial y Nutrición, por medio de la planificación con un lenguaje declarativo para obtener planes dietéticos para pacientes con DM2 que requieren un control y distribución adecuada de macronutrientes en la ingesta calórica.

Parte fundamental de este trabajo fue la investigación acerca de cómo hacer una dieta, se echó mano de conocimientos del área de nutrición, consultando diversas referencias y observando la gama de recursos que ofrece dicha área, siempre de la mano de un experto en el área de nutrición. Se consultaron tablas para una población mexicana, así también se investigaron lineamientos oficiales en el tratamiento de la Diabetes Mellitus para la población mexicana esto nos acercó al Sistema Mexicano de Alimentos Equivalentes, que contiene tabla de alimentos de los cuales en un principio se realizó un modelo que agrupaba dichos alimentos pero no fueron satisfactorios los resultados puesto que las combinaciones no eran agradables a los usuarios, por lo que se siguió investigando y se involucraron al proyecto platillos basados en el Sistema Mexicano Equivalente, con los cuales se desarrolla este proyecto, todo esto con propósitos de cumplir los requerimientos del sistema y tener una mayor acercamiento a datos orientados a la población mexicana. Una vez con los pasos detallados para realizar una dieta, se abstraigo el problema para poder modelarlo en *DLV<sup>k</sup>*. Dentro de las experiencias que deja este proyecto es una implementación de codificación relativamente fácil siendo el manejo de datos discretos fue primordial. También se tuvo contacto con gente involucrada en el desarrollo de DLV vía correo electrónico, para solicitar ayuda con el uso de la herramienta, con una repuesta positiva. Resultado de la primera versión de este trabajo se publicó en el congreso COMIA.

Como se muestra en el capítulo 4 el desarrollo del prototipo se logró la implementación de una herramienta que automatiza todo el procesar de generar planes dietéticos para un paciente con DM2 y características específicas proporcionando platillos para cada evento alimenticio. Las ventajas de dicha herramienta es que de una manera sencilla el usuario recibe sus planes sin tener conocimiento alguno acerca del área de nutrición, además la herramienta es personalizada y solicita diariamente los datos para

monitorear al paciente en su evolución con la enfermedad, siempre teniendo en cuenta que la herramienta solo es un apoyo y que si el paciente tiene un control metabólico negativo la misma herramienta indicará al paciente que acuda con el médico. Ya que el trabajo es un piloto para un sistema planificador más completo hay mucho trabajo todavía en este proyecto desde darle el control al paciente de toda la aplicación: administrar su cuenta, el historial, los platillos, etc., presentar una mejor visualización de dichos platillos, ampliar la base de datos e incluso presentar el trabajo en una plataforma más accesible que una computadora personal, esto por parte de la interacción del usuario con el sistema, pero como parte del núcleo del proyecto optimizar el código en cuanto a la generación de planes también se queda pendiente.

El sistema planificador de dietas es un proyecto ambicioso en todos los sentidos, el hecho de crear una herramienta que pueda ayudar a la población en algún problema social, aportar a la Inteligencia Artificial una herramienta que resuelve un problema de planificación y también una idea transformada en un negocio son factores que motivaron a la creación de dicho trabajo y que se quisiera sigan dando frutos más adelante.

## BIBLIOGRAFÍA

[1] International Federation Diabetes. “*La carga mundial*”, publicado en IDF Diabetes Atlas, 5ª. edición. 2013 [Recurso online] <http://www.idf.org/diabetesatlas>. Última fecha de consulta: Enero 2 de 2013

[2] Asociación Latinoamericana de Diabetes. “*Guías ALAD de Diagnóstico, Control y Tratamiento de la Diabetes Mellitus tipo 2*”, publicado en *Revista ALAD*, 2000.

[3] Stephen J. McPhee, Maxine A. Papadakis, y Michael W. Rabow. “*Current Medical Diagnosis & Treatment*”. Mc Graw Hill, 2011, vol. 15.

[4] Sanofi Tv.” *Insulin, Glucose and you*”, 2011. [Recurso online] [https://www.youtube.com/watch?v=ae\\_jC4FDOUc](https://www.youtube.com/watch?v=ae_jC4FDOUc). Última fecha de consulta: Agosto 18 de 2012

[5] Luis Pallardo, Tomás Morante, Mónica Marazuela, y Loscos Rovira.” *Endocrinología clínica*”, 2ª. Edición, 2010.

[6] L. Kathleen Mahan, Silvia Escott, Janice L. Raymond, “*Krause Dietoterapia*”, editorial Elsevier, 2005.

[7] WHO Media Centre. “*Diabetes*”, 2012. [Recurso online] <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs312/es/index.html>. Última fecha de consulta: Febrero 22 de 2013.

[8] Mauricio Rocha Inclán, “*Expectativa de vida para enfermos de Diabetes Mellitus: elaboración de una tabla de mortalidad*”, Tesis de Licenciatura, Departamento de Actuaría, Escuela de Ciencias, Universidad de las Américas Puebla. 2004.

[9] Secretaría de Salud, “*Programa de Acción: Diabetes Mellitus*”, 2011. [Recurso online] [http://www.salud.gob.mx/docprog/estrategia\\_3/diabetes\\_mellitus.pdf](http://www.salud.gob.mx/docprog/estrategia_3/diabetes_mellitus.pdf). Última fecha de consulta: Noviembre 14 de 2012.

[10] Calorie Count Inc., “*Calorie count*”, 2013. [Recurso online] <http://caloriecount.about.com>. Última fecha de consulta: Enero 8 de 2013.

- [11] Nutrition Software Solutions Inc. “*Nutrition Toolbox*”. [Sitio del software] <http://www.nutritionsoftwaresolutions.com>. Última fecha de consulta: Agosto 28 de 2013.
- [12] Inc. DietPower. “*Diet Power*” [Sitio del software] <http://www.dietpower.com> Última fecha de consulta: Junio 2 de 2013.
- [13] Diet Master Software. Diet Master2100. [Sitio del software] [https://lifestyletech.com/dietmaster\\_2100\\_nutrition-software.html](https://lifestyletech.com/dietmaster_2100_nutrition-software.html). Última fecha de consulta: Junio 5 de 2013.
- [14] Louis DeMenthon. “*The automatic diet planner Swole.me*”, 2012. [Recurso online] <http://swole.me> Última fecha de consulta: Diciembre 15 de 2013.
- [15] Claudia Zepeda Cortes, “*Evacuation Planning using Answer Set Programming*”. Tesis de Doctorado, Departamento de Ciencias de la Computación, Universidad de las Américas Puebla. 2005.
- [16] Vladimir Lifschitz, “*What Is Answer Set Programming?*,” published in Proceedings of AAAI-08, 2008. [Recurso online] <http://www.cs.utexas.edu/users/vl/papers/wiasp.pdf>. Última fecha de consulta: Octubre 10 de 2012.
- [17] Carmen L. García M., Pedro R. Márquez G. y Rogelio Baray Julián J. Portillo, “*A. Robot Platform Motion Planning using Answer Set Programming*”. Published in Latin American Workshop on Non-Monotonic Reasoning, 2011 [Recurso online] [http://ceur-ws.org/Vol-804/04\\_LANMR11.pdf](http://ceur-ws.org/Vol-804/04_LANMR11.pdf) Última fecha de consulta: Enero 23 de 2013.
- [18] Michael Gelfond, Richard Scherl Chitta Baral, “*Answer set programming as the basis for a Homeland Security QASk*”, Published in AAAI Spring Symposium: AI Technologies for Homeland Security, 2005.
- [19] Jia-Huai You, and Li Yan Yuan Xiumei Jia, “*Adding Domain Dependent Knowledge into Answer Set Programs for Planning*”, Published in Logic Programming Lecture Notes in Computer Science Volume 3132, 2004.
- [20] Spin-off of University of Calabria, “*DLVSYSTEM s.r.l.*”, 2010 [Sitio del proyecto]. <http://www.dlvsystem.com/> Última fecha de consulta: Agosto 25 de 2013.

- [21] Patrik Simons. "*Project Smodels*", 2008 [Sitio del proyecto]  
<http://www.tcs.hut.fi/Software/smodels/> Última fecha de consulta: Marzo 27 de 2013.
- [22] M. Gebser and B. Kaufmann and A. Neumann and T. Schaub, "*Clasp*". Published in Proceedings of the Twentieth International Joint Conference. AAAI Press/The MIT Press, 2007. [Sitio del proyecto] <http://www.cs.uni-potsdam.de/clasp/>
- [23] María J. Simón, María P. Benito y Margarita Baeza. "*Alimentación y nutrición familiar*", 2009.
- [24] Clotilde Vázquez M., Ana De Cos B., Consuelo López N., "*Alimentación y nutrición: manual teórico-práctico*", 2005.
- [25] Víctor M. Rodríguez Rivera y Edurne Simón Magro, "*Bases de la Alimentación Humana*". Editorial Netbiblo, 2008.
- [26] Marianella Herrera, "*Guía de la Asociación Americana de Dietética para el cuidado y manejo nutricional en países en transición nutricional*", publicado en Anales Venezolanos de Nutrición Vol. 23, No. 2, Año 2010. [Recurso online] <http://anales.fundacionbengoia.org/ediciones/2010/2/?i=art6> Última fecha de consulta: Marzo 27 de Abril de 2013.
- [27] M. Hernández Rodríguez and A. Sastre Gallego, "*Tratado de nutrición*", ediciones Díaz de Santos, 1999.
- [28] Medline Plus. "*Exámenes y chequeos para la diabetes*" [Recurso online].  
<http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/patientinstructions/000082.htm> Última fecha de consulta: Marzo 29 de Abril de 2013.
- [29] Instituto Mexicano del Seguro Social, "*Diagnóstico y tratamiento de la Diabetes Mellitus tipo 2*", Guía de Práctica Clínica GPC, 2012.
- [30] L. Kathleen Mahan, Sylvia Escott, Janice L. Raymond, "*Krausse's Food & the Nutrition Care Process*", Elsevier Health Sciences, 2012.

- [31] Ma. del Carmen Iñarritu P., "*Elaboración de una dieta*", 2010. [Recurso online] <http://www.facmed.unam.mx/deptos/salud/censenanza/spi/unidad2/dieta.pdf> Última fecha de consulta: Junio 9 de Abril de 2013.
- [32] Lourdes Carrillo F., "*Tratamiento dietético de la diabetes mellitus tipo 2*", 2011. [Recurso online] [www.diabetespractica.com/pdf/suplementos/2011-suplemento2/Tratamiento\\_dietetico\\_diabetes.pdf](http://www.diabetespractica.com/pdf/suplementos/2011-suplemento2/Tratamiento_dietetico_diabetes.pdf) Última fecha de consulta: Junio 19 de Abril de 2013.
- [33] Ma. Matilde Socarrás S., Miriam Bolet A. y Manuel Licea Puig, "*Diabetes mellitus: tratamiento dietético*", publicado en Revista Cubana de Investigación Biomédica vol.21 n.2, 2002.
- [34] Barbara Cánovas G., "*Diabetes Mellitus. Recomendaciones internacionales.*", ediciones Díaz de Santos, 2012.
- [35] Rosa María Ortega Anta, Ana María Requejo Marcos, "*Nutriguía: manual de nutrición clínica en atención primaria*", Editorial Complutense, 2000
- [36] Berenice Palacio G., Ana L. Castro Becerra, Ana B. Pérez L., "*Sistema Mexicano Equivalente de Alimento*", Fomento de nutrición y salud, 2001.
- [37] Secretaría de Salud, "*Norma Oficial Mexicana NOM-015-SSA2-2010, Para la prevención, tratamiento y control de la diabetes mellitus*", Diario Oficial de la Federación, 2010. [Recurso online] [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5168074&fecha=23/11/2010](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5168074&fecha=23/11/2010)
- [38] Secretaría de Salud, "*Proyecto de Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-043-SSA2-2005, Servicios básicos de salud. Promoción y educación para la salud en materia alimentaria*". Diario Oficial de la Federación, 2005. [Recurso online] [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5249645&fecha=28/05/2012](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5249645&fecha=28/05/2012) Última fecha de consulta: Junio 19 de Abril de 2013.
- [39] Ioannis Vlahavas y Dimitris Vrakas, "*Intelligent Techniques For Planning*", Idea Group Inc, 2004.

[40] June Jamrich Parson and Dan Oja, “*New Perspectives on Computer Concepts 2013*”. Comprehensive, 5a. edición, 2012.

[41] Database and Artificial Intelligence Group. “*DLV^K*”, 2005. [Sitio de proyecto]. <http://www.dbai.tuwien.ac.at/proj/dlv/K/> Última fecha de consulta: Agosto 29 de Abril de 2013.

[42] Diego Bellido G. y Daniel L. Román, “*Manual de nutrición y metabolismo*”, ediciones Díaz de Santos, 2006.

[43] Diego Bellido G., Pedro García L., Daniel L. Román, “*Dietoterapia, nutrición clínica y metabolismo*”, ediciones Díaz de Santos, 2006.

[44] Ana Bertha Pérez L., “*Manual de dietas: normales y terapéuticas*”, publicado en Prensa Médica, 2011.

[45] Luis Sananes, “*Alimentación fisiológica*”, editorial Libros en Red, 2006.

## APÉNDICE A

### DICCIONARIO

**Antropometría.** Es la técnica que se ocupa de medir las dimensiones físicas del ser humano en diferentes edades y estados fisiológicos, tiene como objeto contrastar las mediciones corporales de un sujeto en estudio con las estándares de referencia.

**Actividad física:** al conjunto de movimientos que incrementan el gasto energético por arriba del basal. Esta puede ser clasificada de acuerdo al propósito e intensidad. Moderada: como limpiar o arreglar la casa, caminar (incluso a la escuela), cargando cosas en el campo. Vigorosa: jugar fútbol, básquetbol, voleibol, andar en bicicleta, patinar, hacer gimnasia, ejercicios aeróbicos, jugar tenis. Sedentaria: que requiere un gasto menor de energía, como estar sentado por horas frente a una pantalla.

**Alimentación:** al conjunto de procesos biológicos, psicológicos y sociológicos relacionados con la ingestión de alimentos mediante el cual el organismo obtiene del medio los nutrimentos que necesita, así como las satisfacciones intelectuales, emocionales, estéticas y socioculturales que son indispensables para la vida humana plena.

**Circunferencia o perímetro de cintura o abdominal:** al mínimo perímetro de la cintura, se hace identificando el punto medio entre la costilla inferior y la cresta iliaca, en personas con sobrepeso se debe medir en la parte más amplia del abdomen. Tiene como objetivo estimar la grasa abdominal o visceral. Circunferencia abdominal saludable hasta menor a 80 cm en mujeres y menor a 90 cm en hombres.

**Colación o refrigerio:** a la porción de alimento consumida entre las comidas principales (desayuno, comida y cena), y sirve para cumplir las características de una dieta correcta.

**Diabetes:** es la enfermedad sistémica crónico-degenerativa, de carácter heterogéneo, con grados variables de predisposición hereditaria y con participación de diversos factores ambientales, y que se caracteriza por hiperglucemia crónica debido a la deficiencia en la producción o acción de la insulina lo que afecta al metabolismo intermedio de los hidratos de carbono, proteínas y grasas.

**Dieta:** al conjunto de alimentos y platillos que se consumen cada día, y constituye la unidad de la alimentación.

**Estado de nutrición o estado nutricional:** a la circunstancia en que se encuentra la nutrición de un individuo en un momento determinado. Es dinámico y se puede estimar si se combinan varios indicadores.

**Glucosa.** Azúcar de seis átomos, importante fuente de energía en el organismo y única fuente de energía del cerebro. La glucosa no se encuentra en forma libre en los alimentos, sino que se presenta como sacarosa, cediendo glucosa tras la digestión.

**Grupos de alimentos:** a la forma de clasificar los alimentos de acuerdo con su composición y se clasifican en tres grupos, grupo 1. Verduras y frutas, grupo 2. Cereales y grupo 3. Leguminosas y alimentos de origen animal. Dentro de un mismo grupo los alimentos son equivalentes en su aporte de nutrimentos y por lo tanto intercambiables, mientras que los alimentos en grupos diferentes son complementarios.

**Índice glucémico (IG):** a la respuesta postprandial (después de haber ingerido alimento) en particular respecto de una cantidad estándar.

**Nutrición:** al conjunto de procesos involucrados en la obtención, asimilación y metabolismo de los nutrimentos por el organismo. En el ser humano tiene carácter bio-psico-social.

**Nutrimento:** a toda sustancia presente en los alimentos que juega un papel metabólico en el organismo. Poco o más de la mitad de ellos pueden, además, ser sintetizados por el organismo si se cuenta con los precursores apropiados.

**Obesidad:** a la enfermedad caracterizada por el exceso de tejido adiposo en el organismo, la cual se establece cuando en las personas adultas existe un IMC igual o mayor a 30 Kg/m<sup>2</sup> y en las personas adultas de estatura baja, igual o mayor a 25 Kg/m<sup>2</sup>. En menores de 19 años la obesidad se determina cuando el IMC se encuentra desde la percentila 95 en adelante, en las tablas de IMC para edad y sexo de la Organización Mundial de la Salud.

**Platillo:** a la combinación de alimentos que dan como resultado nuevos sabores o texturas que los alcanzados al preparar los alimentos en forma individual; por lo general resulta en un efecto sinérgico en lo que a sabor, textura y aporte nutrimental se refiere.

**Sobrepeso:** al estado caracterizado por la existencia de un IMC igual o mayor a 25 Kg/m<sup>2</sup> y menor o igual a 29,9 Kg/m<sup>2</sup> y en las personas adultas de estatura baja, igual o mayor a 23 Kg/m<sup>2</sup> y menor a 25 Kg/m<sup>2</sup>. En menores de 19 años, el sobrepeso se determina cuando el IMC se encuentra desde la percentila 85 y por debajo de la 95, de las tablas de edad y sexo de la Organización Mundial de la Salud.

## APÉNDICE B

### SISTEMA EQUIVALENTE MEXICANO DE ALIMENTOS

Clasificación		Proteína	Lípidos	Carbohidratos
Verduras		2	0	4
Frutas		0	0	15
Cereales	Sin grasa	2	0	15
	Con grasa	2	5	15
Leguminosas		8	1	20
Origen	Muy bajo aporte de grasa	7	1	0
Animal	Bajo aporte de grasa	7	3	0
	Moderado aporte de grasa	7	5	0
	Alto aporte de Grasa	7	8	0
Lácteos	Descremada	9	2	12
	Semidescremada	9	4	12
	Entera	9	8	12
	Con Azúcar	8	5	30
Aceites y grasa	Sin proteína	0	5	0
	con proteína	3	5	3
Azucares	sin grasa	0	0	10
	con grasa	0	5	10
Libre		0	0	0
Bebida Alcohólica		0	0	20

## APÉNDICE C

### TABLAS

#### Peso ideal para hombre de acuerdo a estatura y complejión

Hombres						
Estatura	Complejión					
	Pequeña		Mediana		Grande	
	Peso mínimo	Peso Máximo	Peso mínimo	Peso Máximo	Peso mínimo	Peso Máximo
158	58.3	61	59.6	64.2	62.8	68.3
159	58.6	61.3	59.9	64.5	63.1	68.8
160	59	61.7	60.3	64.9	63.5	69.4
161	59.3	62	60.6	65.2	63.8	69.9
162	59.7	62.4	61	65.6	64.2	70.5
163	60	62.7	61.3	66	64.5	71.1
164	60.4	63.1	61.7	66.5	64.9	71.8
165	60.8	63.5	62.1	67	65.3	72.5
166	61.1	63.8	62.4	67.6	65.6	73.2
167	61.5	64.2	62.8	68.2	66	74
168	61.8	64.6	63.2	68.7	66.4	74.7
169	62.2	65.2	63.8	69.3	67	75.4
170	62.5	65.7	64.3	69.8	67.5	76.1
171	62.9	66.2	64.8	70.3	68	76.8
172	63.2	66.7	65.4	70.8	68.5	77.5
173	63.6	67.3	65.9	71.4	69.1	78.2
174	63.9	67.8	66.4	71.9	69.6	78.9
175	64.3	68.3	66.9	72.4	70.1	79.6
176	64.7	68.9	67.5	73	70.7	80.3
177	65	69.5	68.1	73.5	71.3	81
178	65.4	70	68.6	74	71.8	81.8
179	65.7	70.5	69.2	74.6	72.3	82.5
180	66.1	71	69.7	75.1	72.8	83.3
181	66.6	71.6	70.2	75.8	73.4	84
182	67.1	72.1	70.7	76.5	73.9	84.7

183	67.7	72.7	71.3	77.2	74.5	85.4
184	68.2	73.4	71.8	77.9	75.2	86.1
185	68.7	74.1	72.4	78.6	75.9	86.8
186	69.2	74.8	73	79.3	76.6	87.6
187	69.8	75.5	73.7	80	77.3	88.5
188	70.3	76.2	74.4	80.7	78	89.4
189	70.9	76.9	74.9	81.5	78.7	90.3
190	71.4	77.6	75.4	82.2	79.4	91.2
191	72.1	78.4	76.1	83	80.3	92.1
192	72.8	79.1	76.8	83.9	81.2	93
193	73.5	79.8	77.6	84.8	82.1	93.9

### **Peso ideal para mujeres de acuerdo a estatura y complejión**

Mujeres						
Estatura	Complejión					
	Pequeña		Mediana		Grande	
	Peso mínimo	Peso Máximo	Peso mínimo	Peso Máximo	Peso mínimo	Peso Máximo
148	46.4	50.6	49.6	55.1	53.7	59.8
149	46.6	51	50	55.5	54.1	60.3
150	46.7	51.3	50.3	55.9	54.4	60.9
151	46.9	51.7	50.7	56.4	54.8	61.4
152	47.1	52.1	51.1	57	55.2	61.9
153	47.4	52.5	51.5	57.5	55.6	62.4
154	47.8	53	51.9	58	56.2	63
155	48.1	53.6	52.2	58.6	56.8	63.6
156	48.5	54.1	57.7	59.1	57.3	64.1
157	48.8	54.6	63.2	59.6	57.8	64.4
158	49.3	55.2	53.8	60.2	58.4	65.3
159	49.8	55.7	54.3	60.7	58.9	66
160	50.3	56.2	54.9	61.2	59.4	66.7
161	50.8	56.7	55.4	61.7	59.9	67.4
162	51.4	57.3	55.9	62.3	60.5	68.1
163	51.9	57.8	56.4	62.8	61	68.8
164	52.5	58.4	57	63.4	61.5	69.5
165	53	58.9	57.5	63.9	62	70.2

166	53.6	59.5	58.1	64.5	62.6	70.9
167	54.1	60	58.7	65	63.2	71.7
168	54.6	60.5	59.2	65.5	63.7	72.4
169	55.2	61.1	59.7	66.1	64.3	73.1
170	55.7	61.6	60.2	66.6	64.8	73.8
171	56.2	62.1	60.7	67.1	65.3	74.5
172	56.8	62.6	61.3	67.6	65.8	75.2
173	57.3	63.2	61.8	68.2	66.4	75.9
174	57.8	63.7	62.3	68.7	66.9	76.4
175	58.3	64.2	62.8	69.2	67.4	76.9
176	58.9	64.8	63.4	69.8	68	77.5
177	59.5	65.4	64	70.4	68.5	78.1
178	60	65.9	64.5	70.9	69	78.6
179	60.5	66.4	65.1	71.4	69.6	79.1
180	61	66.9	65.6	71.9	70.1	79.6
181	61.6	67.5	66.1	72.5	70.7	80.2
182	62.1	68	66.6	73	71.2	80.7
183	62.6	68.9	67.1	73.5	71.7	81.2