

# Análisis del confort de posturas para un conductor virtual

Titulación por tesis y examen profesional

Tesis Profesional, para obtener el Título de Diseñadora Industrial, presenta:  
Pamela Ruiz Castro

Con la dirección de Héctor López Aguado Aguilar,  
y la asesoría de Jorge Vadillo López, Ana Paula García y Colomé,  
Enrique Ricalde Gamboa y Miguel de Paz Ramírez

Declaro que este proyecto de tesis es totalmente de mi autoría y que no ha sido presentado previamente en ninguna otra Institución Educativa y autorizo a la UNAM para que publique este documento por los medios que juzgue pertinentes.

Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Arquitectura  
Centro de Investigaciones de Diseño Industrial

Ciudad Universitaria, CDMX

2016



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# ANALISIS DEL CONFORT DE POSTURAS

para un Conductor Virtual

---

Pamela Ruiz Castro

2016

Ciudad Universitaria, CDMX





UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

Coordinación de Exámenes Profesionales  
Facultad de Arquitectura, UNAM  
PRESENTE

EP01 Certificado de aprobación de  
impresión de Tesis.

El director de tesis y los cuatro asesores que suscriben, después de revisar la tesis del alumno

NOMBRE **RUIZ CASTRO PAMELA** No. DE CUENTA **411072784**

NOMBRE TESIS **ANALISIS DEL COMFORT DE POSTURAS PARA UN CONDUCTOR VIRTUAL**

OPCION DE TITULACION **(PROYECTO DOCUMENTADO)**

Consideran que el nivel de complejidad y de calidad de LA TESIS, cumple con los requisitos de este Centro, por lo que autorizan su impresión y firman la presente como jurado del

Examen Profesional que se celebrará el día \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ a las \_\_\_\_\_ hrs.

Para obtener el título de **DISEÑADORA INDUSTRIAL**

ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
Ciudad Universitaria, D.F. a

NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE D.I. HECTOR LOPEZ AGUADO AGUILAR	
VOCAL D.I. JORGE VADILLO LOPEZ	
SECRETARIO M.D.I. ENRIQUE RICALDE GAMBOA	
PRIMER SUPLENTE D.I. ANA PAULA GARCIA Y COLOME	
SEGUNDO SUPLENTE M.D.I. MIGUEL DE PAZ RAMIREZ	

ARQ. MARCOS MAZARI HIRIART  
Vo. Bo. del Director de la Facultad

# PREFACIO

Ha habido un rápido crecimiento en la industria de vehículos, se espera que las empresas ofrezcan productos cómodos y más seguros, los cuales deberán mejorar con cada modelo. Por lo tanto, el interés en desarrollar herramientas que se enfoquen en sus necesidades, como lo es el modelado de humanos digitales (DHM).

El objetivo de este proyecto de investigación es proponer una postura sentada estándar que podría ser usada en evaluaciones ergonómicas con software, como IMMA. Para lograr el proyecto de investigación, se inició con una indagación en varias fuentes de consulta para comprender los métodos empleados en la industria vehicular y conocer los estudios previos de las posturas de los conductores.

Para comprender las necesidades ergonómicas que se requieren para los asientos de vehículos, fue necesario adquirir información de las industrias , así como hacer una investigación sobre las posturas preferidas por los conductores de distintos tipos de vehículos. Se realizaron comparaciones entre las diferentes categorías de vehículos observados y la literatura para posturas ideales. Los resultados también fueron utilizados para sugerir modificaciones en el futuro desarrollo del software ergonómico IMMA.

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>			
1.1	Contexto	10	2.3	Recomendaciones para el software 38
1.2	Metas y Objetivos	14	2.3.1	Exploración 39
1.3	Limitaciones	16	2.3.2	Creación 40
1.4	Reseña del Proyecto	18	2.3.3	Evaluación 40
			2.3.4	Comunicación 41
			2.4	Análisis y Evaluación 42
<b>2</b>	<b>METODOLOGÍA</b>		<b>3</b>	<b>BASE TEÓRICA</b>
2.1	Análisis de referencias	24	3.1	Modelado Virtual Humano (DHM)46
2.2	Información recabada	26	3.2	Paquete de Usuario ( <i>Occupant Packaging</i> ) 55
2.2.1	Análisis de software existente	28	3.3	Posturas de sentado 60
2.2.2	Focus group con expertos de la industria	31	3.4	Ángulos de confort 65
2.2.3	Estudio de confort con conductores	34		

<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b>	
4.1	Información recabada	72
4.1.1	Análisis de la industria	72
4.1.2	Estudio de confort con conductores	76
4.1.3	Focus group con expertos de la industria	83
4.2	Comparación	92
4.2.1	Posturas de referencias vs. posturas observadas	95
4.2.2	Posturas para los diferentes vehículos	98
4.3	Aplicación del software IMMA	99
4.3.1	Demostración de posturas con el software	99
4.3.2	Comentarios y sugerencias para el software	102

<b>5</b>	<b>DISCUSIÓN</b>	
5.1	Definición del problema	109
5.2	Análisis de referencias	110
5.3	Estructura de la metodología	111
5.4	Resultados	112
5.4.1	Información recabada	112
5.4.2	Comparación	115
5.4.3	Software	118
<b>6</b>	<b>RECOMENDACIONES PARA INVESTIGACIONES FUTURAS</b>	121
<b>7</b>	<b>CONCLUSIÓN</b>	122
	<b>REFERENCIAS</b>	129
	<b>IMÁGENES</b>	131
	<b>APÉNDICES</b>	
	Apéndice A	133



# 1 INTRODUCCIÓN

El objetivo de este capítulo es presentar una introducción al reporte con un contexto del proyecto, los alcances y objetivos, y las limitaciones del proyecto.

# 1.1 Contexto

---

Esta investigación se inició como parte del curso final (para titulación) de un intercambio académico realizado en la Universidad de Skövde, Suecia.

El curso requería de un proyecto teórico o práctico relacionado con la temática del programa de Ingeniería en Diseño del Producto.

Debido a que los cursos previos realizados como parte del intercambio académico fueron de Ergonomía y Metodologías de Diseño, los profesores de dichas materias al conocer mi interés en la ergonomía de los objetos y las relaciones con los usuarios solicitaron mi participación para un proyecto teórico que ellos supervisaban externamente. El proyecto del Conductor Virtual que formaba parte del desarrollo de

un software ergonómico llamado IMMA. Dicho software es parte de una colaboración entre empresas de vehículos y escuelas de ingeniería y matemática en Suecia. El software inició como un software de evaluaciones ergonómicas para plantas de producción vehicular, y con el proyecto de Conductor Virtual se pretendía extender el mercado del producto y evaluar la ergonomía de los usuarios de los diferentes vehículos.

Es por esto que los alcances generales de ésta investigación se basan en los alcances del proyecto Conductor Virtual. A pesar, de que éste proyecto se plantea como un reporte de investigación para fundamentar los modelos ergonómicos que serán empleados en el software.

El Mercado de nuevos productos ha crecido y cada vez es más exigentes con las normas, lo cual motiva a las industrias a proporcionar una mayor calidad en sus productos para los nuevos consumidores exigentes. Las empresas, necesitan mejorar la interacción entre los usuarios y sus productos, ya que se espera que estas proporcionen entornos más seguros y saludables para sus clientes. Se ha demostrado que el momento ideal para evaluar los productos es antes de que el producto sea fabricado (Chaffin, 2001). Esto se debe hacer para disminuir los costos y el tiempo en el proceso de diseño, para evitar largos períodos de pruebas con los prototipos físicos. Por lo tanto, las industrias de desarrollo de productos se han convertido en las más interesadas

en herramientas virtuales; que pueden predecir la interacción de futuros usuarios, a fin de garantizar su bienestar.

Es por esto, el interés de la industria de vehículos en el desarrollo de herramientas virtuales cómo Digital Human Modeling (DHM), que se centran en las necesidades de la industria. Con esto se espera mejorar el ambiente en la cabina para el conductor, enfocandose en ofrecer suficientes herramientas para simplificar las tareas que se van a ejecutar y prevenir riesgos para el usuario.

Uno de los principales objetivos es que los conductores esten comodamente en la cabina y evitar la fatiga en los diferentes vehículos.

Para ello, los diseñadores deben tener en cuenta: el tipo de población, las tareas a realizar en el vehículo y características físicas. Considerando estos factores la postura ideal elegida por los usuarios va diferir en cada caso. Por lo tanto, seleccionar el tipo de asientos y controles en el interior de la cabina, es una tarea complicada para los diseñadores. Comprendiendo estas necesidades en la industria de transporte, las evaluaciones ergonómicas son necesarias y han tenido que evolucionar. Anteriormente, las posturas ergonómicas eran definidas por 2-dimensiones, pero era necesario realizar ajustes más adelante en el proceso de diseño cuando los prototipos estaban disponibles físicamente. Ahora, las simulaciones humanas pueden ofrecer

una evaluación más completa de la postura que los conductores adquieren para realizar las modificaciones necesarias en el producto desde las primeras fases del proceso de diseño.

Los tipos de software que existen en la actualidad han facilitado la evaluación ergonómica, pero todavía tienen potencial para mejorar. La mayoría de estos, requieren de habilidades previas del usuario para efectuar análisis de la interacción entre el vehículo y el conductor, y para realizar las evaluaciones se requieren de adecuaciones manuales al manipular el software; esto reduce la precisión de las evaluaciones y se vuelve un trabajo muy tardado. Por lo tanto, las evaluaciones son limitadas, porque no hay ninguna opción

para instruir a los maniquíes de repetir tareas y hacer comparaciones entre los resultados obtenidos; por consiguiente, no hay mucho tiempo disponible para evaluar con diferentes tamaños de población lo cual limita la veracidad de las evaluaciones ergonómicas.

Las empresas necesitan mejoras en el software para asegurar que sus vehículos sean más seguros y más cómodos para el usuario; se requiere que sean más eficaces con el tiempo de desarrollo del producto y por lo tanto ser menos costoso para la empresa, las evaluaciones ergonómicas deben de asegurar productos más competitivos en el mercado.

Conociendo las expectativas y necesidades de las industrias de vehículos, el software IMMA fue desarrollado en cooperación con: la Universidad de Skövde, Centro Industrial y de Investigación Matemática Fraunhofer-Chalmers (FCC), Universidad Tecnológica de Chalmers, Scania, Volvo y Grupo de Volvo. Su objetivo es llegar a los departamentos de desarrollo de producto de las empresas, proporcionando una herramienta que podría ayudar a los diseñadores a estudiar las interacciones vehículo-conductor con evaluaciones ergonómicas muy temprano en el proceso de diseño, con el fin de lograr este objetivo iniciaron el proyecto de investigación de un Conductor Virtual.

## 1.2 Metas y objetivos

---

El objetivo de este proyecto fue proponer una postura estandar para el asiento del conductor; que se pueda usar con software ergonómico como IMMA.

Esto podría ayudar a proporcionar la predicción de postura adecuada para la industria automotriz durante el desarrollo del producto. Este modelo (o modelos) debe ser válido para los diferentes asientos, en especial para las categorías más importantes en el sector atomotriz, las cuales incluyen: autobuses, trailers, vehículos de construcción y automóviles.

Algunos de los objetivos que se comparten con el proyecto de Conductor Virtual son:

-Proveer al usuario del software con una postura ideal, teniendo en cuenta las diferentes características antropométricas

que los conductores podrían tener.

- Tener una interfaz rápida y sencilla para que los usuarios puedan manipular los maniqués virtuales para realizar determinadas tareas.

- Tener en cuenta los distintos tipos de interacciones que un conductor puede tener con un vehículo; no sólo con el asiento, sino también con otros sistemas y controles dentro y fuera de la cabina.

En concreto, el objetivo de este reporte de investigación, como una contribución al proyecto del ConductorVirtual, es identificar un modelo de comodidad para el asiento del conductor para una amplia gama de vehículos. Y mostrar los resultados al implementar el Conductor Virtual con el software IMMA.

---

A fin de lograr con éxito el proyecto de investigación, algunos de los objetivos a considerar fueron:

- Comparar las posturas ideales basadas en la literatura existente con las posturas seleccionadas por los conductores de los autobuses, trailers, vehículos de construcción y automóviles.
- Demostrar con el software IMMA la comparación de posturas obtenidas.
- Proponer una interfaz para el editor de predicción de posturas del software IMMA.
- Sugerir procedimientos para el uso de software.



## 1.3 Limitaciones

---

En referencia a la base teórica; la mayoría de la investigaciones literarias disponibles (con una estructura similar para medir los ángulos del cuerpo), se limita al estudio de posturas en automoviles compactos o a posturas de trabajo, que no incluyen necesariamente la actividad de conducir. No hay muchos estudios importantes en el ámbito de la predicción de posturas ideales del conductor para otros tipos de vehículos. Por lo tanto, la comparación entre la literatura de posturas ideales y observadas, es limitado.

Lo ideal es que el estudio de conductores debe tener un muestreo de amplio espectro para cada tipo de vehículo e incluir diferentes modelos dentro de cada categoría, para proporcionar una gama más precisa para cada ángulo de la posturas preferidas. Sin embargo, debido a las limitaciones de tiempo, (el proyecto debía realizarse en 6 meses, teniendo un tiempo de investigación y desarrollo de no más de 4 meses) el propósito de esta investigación es sólo una muestra de los conductores de las diferentes categorías y la mayoría de las muestras fueron en diferentes modelos de vehículos.



## 1.4 Reseña del Proyecto

---

El objetivo de esta investigación fue identificar un modelo adecuado de sentado, que podría ser usado como postura por default del software IMMA, para las diferentes categorías de vehículos que podrían ser evaluadas en la industria.

A fin de cumplir con el propósito, el primer paso fue tener un claro entendimiento del tema y de las problemáticas relacionadas con las posturas de sentado de los conductores. Esto podría ayudar a definir, cómo el software puede afectar en el proceso de desarrollo de la industria. En segundo lugar, para definir las posturas ideales era necesaria una comparación entre los estudios de postura anteriores, posturas seleccionadas por los conductores y las posturas predichas por diferentes

softwares. Con esto, sería posible definir un modelo de predicción de postura más precisa y emplearlo para el proyecto de Conductor Virtual.

Para iniciar el análisis de referencias, los vehículos tuvieron que ser identificados y definidos para comprender las características específicas de cada categoría (autobuses, trailers, vehículos de construcción y automóviles). También, ya que el tema de la investigación se ha centrado en la industria automotriz, fue importante el conocimiento de las normas y especificaciones del sector. Además, la comprensión de las características de los modelos de predicción de postura existentes y ¿por qué se definen con ciertos atributos? Ésto fue incluido en la

base teórica de este reporte, junto con el estudio de las evaluaciones ergonómicas y de las normas internacionales que el software deberá incluir en los reportes de resultados que muestre al usuario. Además, el software existente se ha tenido que analizar, mediante la observación de los procedimientos de uso de los expertos de la industria, a fin de determinar las características más importantes del software.

Este estudio previo tuvo el objetivo de comprender las expectativas que la investigación había de lograr y las limitaciones reales con el software, que IMMA podría superar.

Aunque los usuarios principales del software son los diseñadores o ingenieros en el sector de los vehículos, su trabajo afecta directamente a los usuarios finales de los vehículos: los conductores y pasajeros. Por lo tanto, para la Investigación del Conductor Virtual se tiene el propósito de incluir las interacciones de todos los pasajeros de los vehículos. Sin embargo, el alcance de esta investigación se centrará sólo en el conductor como un usuario final.

En consecuencia, los datos obtenidos de la participación de los usuarios finales tenían que ser considerados con el fin de comparar y contrastar con el estudio de la literatura y de la predicción posturas de software existente. Para tener datos

de los usuarios finales era necesario un estudio con conductores, centrándose en las posturas de sentado elegidas por los conductores de los distintos tipos de vehículos.

A fin de contribuir con el desarrollo del Conductor Virtual el software IMMA tenía que ser examinado con el fin de comprender, desde el punto de vista del usuario, cómo se usa el software. Ya que el software IMMA se encuentra en fase de desarrollo, se tuvo acceso para personalizar ciertas características del software, como la predicción de postura sentada, y ser capaz de probar la funcionalidad antes de que la versión oficial fuera pública.

Debido a la participación con el software, y el hecho de disponer de un punto de vista del usuario junto con el conocimiento de los expertos de la industria, se dio la oportunidad de proponer modificaciones adecuadas y proponer mejoras que se podrían incluir en futuras versiones del software. Por lo tanto, se formularon recomendaciones para las características específicas que se relacionaban con la predicción de posturas y colocación adecuada del maniquí.

En un principio, el contacto con la industria se limitó a la utilización de software existente, por lo que era necesario un estudio más profundo para ver las necesidades de los expertos en la industria, sin las limitaciones de los procedimientos actuales con el software.

Por lo tanto, se organizó un “focus group” con los expertos en ergonomía de la industria automotriz. Aprovechando las ventajas de este “focus group” con expertos, algunas de las sugerencias propuestas para el software fueron presentadas, con el fin de recabar información de futuros usuarios del software y con el objetivo de refinar las modificaciones sugeridas antes de que se consideraran para el software.

Teniendo en cuenta todos los aportes de: la industria automotriz, los usuarios finales del estudio de postura con los conductores, así como estudios previos y normas existentes, como resultado de esta investigación se presentó una propuesta para la herramienta de predicción de postura del software. Este incluye la propuesta de posturas predeterminadas para los diferentes tipos de vehículos y una propuesta de modificaciones para mejorar el software IMMA (como la interfaz y el método de funcionamiento), tomando en consideración los elementos usados para la herramienta de predicción de postura.

# 2 METODOLOGÍA

Este capítulo explica la metodología planteada para lograr los objetivos específicos del proyecto, éste se dividió en secciones para guiar el proceso de investigación, tomando en cuenta que sería una investigación cualitativa. Las secciones se definen a continuación:

- **Análisis de referencias o investigación preliminar.**

Contiene el proceso empleado para analizar la teoría detrás de los softwares de ergonomía usados actualmente para definir las posturas de conductores.

- **Recopilación de datos.**

Incluye los métodos seleccionados para obtener información de los usuarios que serán posiblemente beneficiados por software ergonómico en la industria del transporte.



- **Recomendaciones** para el software. Metodología para obtener una propuesta con mejoras para el software IMMA.

- **Análisis y evaluaciones.**



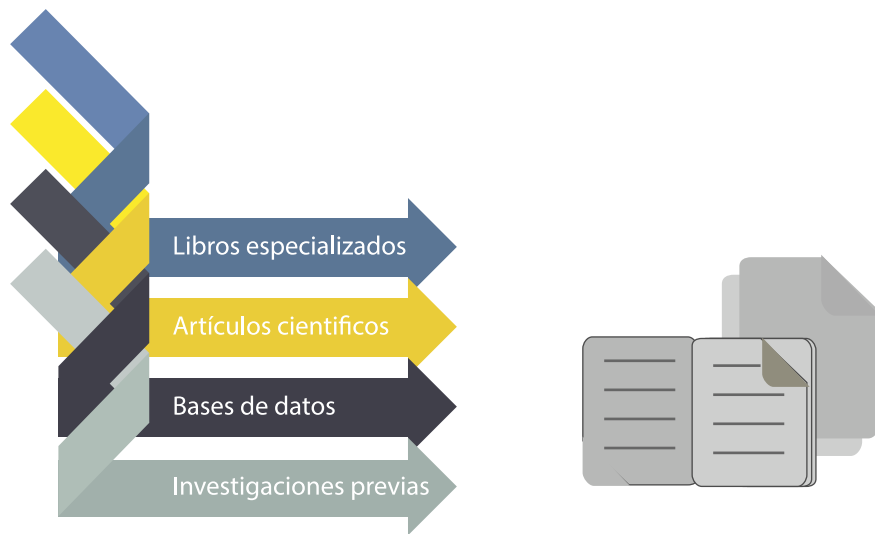


## 2.1 Análisis de referencias

---

Para tener una mejor comprensión de los conceptos usados en este proyecto se realizó un análisis de referencias con información de los libros, artículos y bases de datos. La búsqueda se basó en: conceptos de ergonomía, publicaciones científicas de expertos en evaluaciones ergonómicas, posturas sugeridas en investigaciones experimentales previas. Ya que algunos de los objetivos de esta investigación están relacionados con mejorar software ergonómico, se examinó software existente a través de un análisis de documentos publicados previamente y los manuales de software disponibles. El software disponible para analizar en la Universidad de Skövde fue: Ramsis versión 8,3 y Jack 5,2, dicho estudio proporcionó un acercamiento inicial a las evaluaciones ergonómicas virtuales.

El análisis de referencias fue procesado y se presenta en la base teórica de este informe. El cual se dividió en secciones, comenzando con una descripción general del software de modelado virtual (sección 3.1) así como las herramientas actuales empleadas dentro de los paquetes del programa como: Occupant Packaging, (sección 3.2) seguida de un acercamiento general de las posturas para el conductor (sección 3.3) y ángulos de comodidad (sección 3.4) que definen las posturas adquiridas por el conductor.



Fuentes de información para el análisis de referencias.

## 2.2 Información recabada

---

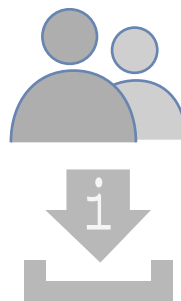
Ya que el Análisis de referencias se basa en información secundaria obtenida de libros, documentos de investigación y manuales de software, se requería de información primaria, específica para la investigación. Por lo tanto, la recopilación de datos se ha centrado en los expertos de ergonomía en la industria (los usuarios) y los distintos conductores de vehículos (de los usuarios finales), lo cual proporciona información de fuente primaria para esta investigación.

Se observó que los softwares de ergonomía son usados principalmente por los expertos en la materia, por lo tanto, un análisis se requería para observar el software existente. Teniendo como objetivo acudir a las empresas y observar el uso del software durante las etapas de

desarrollo del diseño para todos los tipos de vehículos así como para los involucrados en el Proyecto de Conductor Virtual.

Otra aportación importante obtenida de la industria del automóvil, fue definir las necesidades de los expertos al realizar evaluaciones ergonómicas, sin estar influenciados por las características del software existente. Por lo tanto, se seleccionó como método de recolección de datos: un grupo de discusión con los expertos de la industria. Para permitir a los participantes expresar sus ideas sobre la forma de mejorar las evaluaciones ergonómicas en su campo. Dando una mejor retroalimentación ofreciendo información más completa para mejorar el software ergonómico, basándose en las

necesidades concretas de expertos.  
El objetivo principal de esta investigación fue definir posturas óptimas, por lo que se requería de comentarios de los conductores reales de diferentes vehículos y con grados de experiencia distintos. Para tener un mejor panorama de las necesidades actuales de los usuarios.



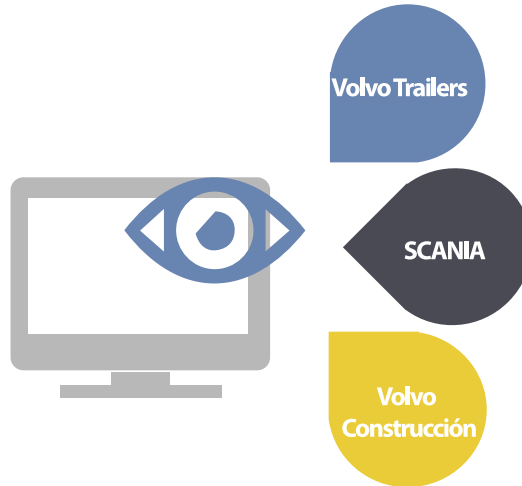
Recaudación de información

## 2.2.1 Análisis de software existente

---

Esta sección se centra en la comprensión de los procedimientos utilizados en la industria automotriz para evaluar las posturas de comodidad ergonómica y cómo se aplican estos conocimientos a los diseños de cabinas.

Las empresas que forman parte de la colaboración en el proyecto de Conductor Virtual y tuvieron la disponibilidad de participar en el estudio fueron: Volvo trailers, Volvo vehículos de construcción, y Scania. Debido a que el proyecto es parte de una colaboración entre escuelas



Empresas participantes en el análisis de software

y empresas suecas con departamento de diseño situado en Suecia, fue necesario solicitar fechas con tiempo de anticipación ya ya que Grupo Volvo se encuentra en Gotemburgo se pudieron visitar las dos oficinas tanto de vehiculos de construcción como de trailers al mismo tiempo. Por otro lado Scania se encuentra en otra ciudad y hubo que esperar para concertar una cita.

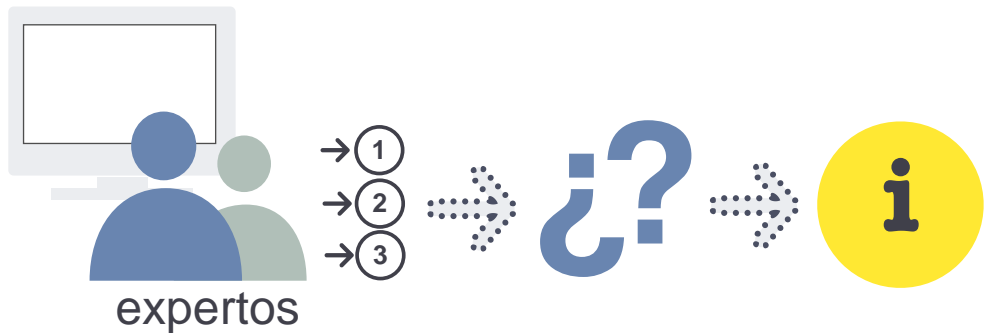
El estudio fue planeado como una entrevista abierta ya que fue el primer contacto con los expertos de la industria, el objetivo era entender cómo los expertos interactuaban con su software, por lo tanto se necesitaba la libertad de presentar lo que ellos consideran una prioridad. Pero, con el fin de obtener datos similares para comparar en las empresas se envió un

cuestionario, lo que les permitió prepararse previo a la entrevista y tener una guía de lo que se esperaba de la reunión. Este tipo de entrevista fue casual y dio la oportunidad de preguntas cuando se necesitaban mayores explicaciones.

Cada empresa organizó su propio tipo de reunión y presentación, basadas en las mismas preguntas (incluidas en el Apéndice A) que en su mayoría es acerca de: los procedimientos seguidos por los expertos en la elaboración de una evaluación ergonómica, los pasos para utilizar un maniquí virtual en software DHM, y los tipos de evaluaciones utilizadas para verificar la información ergonómica. Así mismo, uno de los objetivos era comprender que parte del proceso de

desarrollo del producto son necesarias las evaluaciones ergonómicas, que tan detalladas y con qué frecuencia. Algunas de las preguntas fueron más específicas para el tipo de software y el tipo de información necesaria para obtener una evaluación adecuada.

El proceso durante la entrevista consistió en que los expertos explicaran los procedimientos de evaluación y se dio un tiempo al final para preguntas. Toda la reunión fue audio grabada para una futura revisión y para evitar perder información relevante.



Protocolo de entrevistas con expertos en la industria.

## 2.2.2 Focus group con expertos de la industria

---

Un grupo de enfoque se diseñó para obtener información sobre la experiencia de los expertos en el proceso de evaluación ergonómica. Con el fin de definir las necesidades ergonómicas, sin ser influenciados por las limitaciones actuales del software utilizado.

Desde las observaciones y entrevistas con las empresas, el contacto con los expertos en ergonomía ya se había establecido, pero debido a las limitaciones de tiempo el grupo de enfoque se realizó solamente con una de las empresas involucradas. Es por esto que los participantes en el grupo fueron: tres expertos de evaluación ergonómica (cada uno con diferente tiempo de experiencia encabezados por Lina Andersson, Lobhas Wagh y Maria

Widing), un experto en software (Niclas Delfs) y un experto en ergonomía (Dan Högberg). Siendo estos, los mismos participantes que en el estudio y observación inicial.

El grupo de enfoque se dividió en dos partes, una centrada en las necesidades de los expertos y la segunda tuvo como objetivo obtener feedback para las modificaciones sugeridas para el software (este último tendrá una explicación más completa en la sección 2.3 de este reporte). Para comprender las verdaderas necesidades de los especialistas, dos actividades estaban previstas en un tiempo determinado: la mejor/peor experiencia con software DHM y un escenario ideal sugerido por los participantes:



- Para el mejor/peor de los casos: los participantes fueron invitados a compartir sus experiencias en situaciones concretas en el trabajo cotidiano con software DHM; una situación con un resultado positivo y uno con un resultado negativo, esto podría estar directamente relacionada con el software o con un factor externo que podría haber sido el detonador. Se les proporcionó lápiz y papel para escribir sus experiencias y a continuación, se les pidió una descripción paso a paso de cómo sucedió la experiencia, después los participantes compartieron sus experiencias y comentaron las experiencias de los demás, cada uno desde su punto de vista.
- Como una segunda actividad en esta parte, los participantes fueron

invitados a pensar en un escenario ideal suponiendo que eran sus propios jefes, y describiendo lo que serían los mejores datos proporcionados por el departamento de desarrollo o el conjunto de órdenes requeridas para obtener la mejor valoración ergonómica en sus esferas de especialización. A continuación, se les pidió que presentaran sus escenarios e hicieron comentarios sobre las situaciones que se presentaron por el resto del grupo, para entender los datos de entrada y los de salidas que a veces no son claros en el desarrollo de sus tareas diarias.

Para asegurarse de que no hubiera ninguna pérdida de información, todas las actividades fueron audio grabadas para una revisión posterior.

FOCUS GROUP



Participantes en el FocusGroup

## 2.2.3 Estudio del confort con conductores

---

Después el análisis de referencias se concluyó que no todos los vehículos se conducen del mismo modo y por lo tanto era necesario observar a distintos conductores para obtener un mejor entendimiento del rango de las posturas de sentado utilizadas en la industria automotriz.

Se realizó una visita a 3 diferentes compañías con una gran variedad de vehículos en el área Skövde, Suecia. Los conductores (para autobuses, trailers y vehículos de construcción) se ofrecieron

como voluntarios de sus empresas para participar en el estudio. Los voluntarios conductores de automóviles se encontraron en Skövde. Por lo tanto, la pequeña muestra de los conductores para el estudio consistió en 20 diferentes participantes de diversos orígenes, con edades que oscilaban entre 22- 56 años, alturas entre 1,60 m a 1,90m .

Tres pilotos eran mujeres, el resto de pilotos eran de sexo masculino. Los conductores para el estudio fueron: 4 para los autobuses, 5 para trailers, 6 para vehículos de construcción, y 10 (no

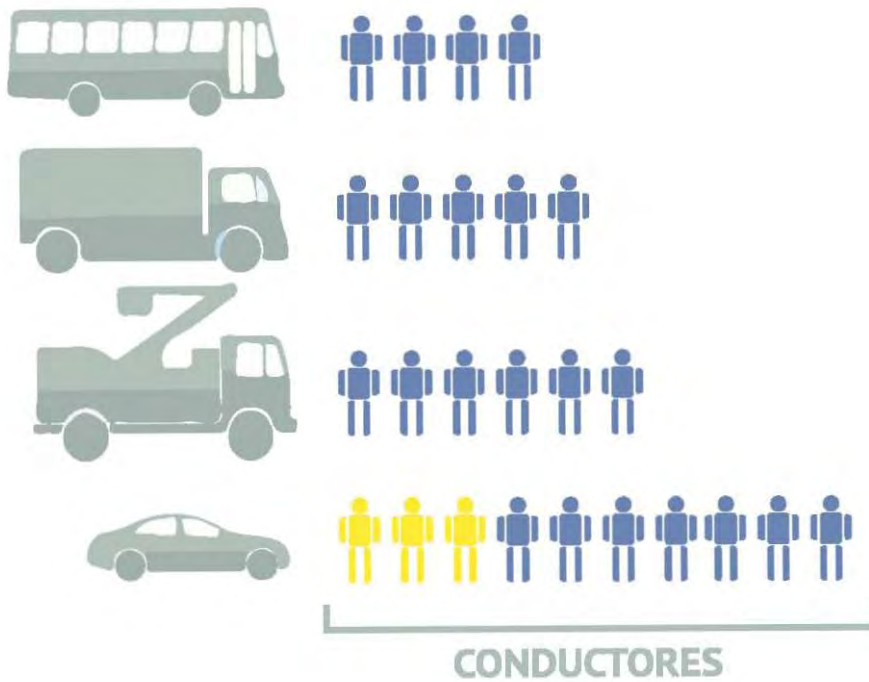


Figura 2.1: Participantes de estudio de conductores

profesionales) para automóviles.

En primer lugar, una encuesta de básica (Apéndice B) se aplicó a los conductores de vehículos, en la cual se solicitó información sobre el conductor, el tipo de vehículo que conducía, una descripción de las tareas que se realizan con el vehículo, el tiempo en que pasan dentro de la cabina ya sea conduciendo o realizando alguna otra actividad. También, se preguntó información general de los conductores, como la edad y la altura.

Algunos de los pilotos cambian de vehículo día a día, especialmente para los conductores de autobuses y vehículos de construcción. En estos casos se les pidió probar diferentes alturas del asiento

y probar varias posturas hasta que encontraran la más cómoda para ellos.

Para los conductores que utilizan el mismo vehículo todo el tiempo, se les pidió que estuvieran en su posición normal de confort.

Una vez que los conductores estaban cómodos en su postura como piloto (manos en el volante y los pies sobre los pedales) una foto lateral fue tomada. Las fotografías fueron tomadas de diferentes lados dependiendo de la función del vehículo; teniendo en cuenta la posición del asiento con respecto al acceso del vehículo. Por lo tanto, hubo imágenes que fueron tomadas en la parte derecha del asiento del conductor o de la izquierda, dependiendo de la posición de la puerta de

acceso en relación con el asiento y del tipo de vehículo.

Las imágenes obtenidas fueron seleccionados para una vista óptima de la postura; de la selección, líneas y ángulos se trazaron con software para obtener las medidas y ángulos del cuerpo. A partir de las tablas de mediciones, se obtuvo información que contiene los ángulos muslo-espalda, rodilla, tobillo, hombro, codo y muñeca tal como se ve en las fotos de los conductores.



Captura lateral para estudio de conductores

## 2.3 Recomendaciones para el software

Como parte de la contribución en el desarrollo de la investigación de Conductor Virtual, se hicieron propuestas con el software IMMA. Esta sección del informe se centrará en la explicación del proceso

de desarrollo de las modificaciones de software, siguiendo una metodología de diseño mostrada en la Figura 2.2: exploración, producción, evaluación y comunicación.



Figura 2.2: Metodología empleada

## 2.3.1 Exploración

---

Para esta etapa de exploración el software IMMA software fue analizado, en un principio para comprender la teoría que sustenta las evaluaciones ergonómicas, y después desde el punto de vista del usuario. Esto se llevó a cabo al reunir información suficiente para proponer las mejoras necesarias en el software.

Para la observación y estudio con el grupo de enfoque se analizó los expertos en ergonomía del sector, obtienen resultados limitados en sus evaluaciones debido a las características actuales del software, por lo cual es de gran importancia mejorar el software IMMA en ciertas áreas que están actualmente limitadas con otro software.

Al probar el software IMMA como un usuario, se observó que algunas modificaciones eran necesarias para facilitar el uso de las herramientas y simplificar la manipulación de los maniqués virtuales. Por lo tanto, hubo áreas clave que tuvieron que ser reevaluadas; por ejemplo: las instrucciones necesarias para crear un maniqui virtual en una nueva escena, las herramientas necesarias en interfaz para la predicción de postura y la retroalimentación que el programa proporciona al usuario.



## 2.3.2 Creación

---

En la etapa de exploración las necesidades y áreas de mejora para el software fueron definidas. Por lo tanto, en esta etapa de generación el conocimiento adquirido fue tomado en consideración para definir en que tendrían que enfocarse las sugerencias para mejorar el software.

Las necesidades de los usuarios, junto con las capacidades actuales del software tienen que ser contempladas para las sugerencias, ya que la idea era que las recomendaciones se aplicaran en la

siguiente versión pública del software. Esta etapa será parte de un ciclo, ya que se requiere de evaluación constante para definir los puntos importantes a mejorar.

A fin de simplificar el proceso creativo, las principales limitantes del software que había que abordar fueron: simplificar la colocación de un maniquí en un escenario virtual, facilitar el uso de la herramienta de predicción de postura, y mejorar la presentación de los resultados de las evaluaciones ergonómicas.

## 2.3.3 Evaluación

---

Una propuesta inicial fue creada para cada una de las principales áreas de desarrollo de software, esta interfaz se presentó ante el grupo de enfoque para una evaluación

y posteriormente se realizaron mejoras en las sugerencias, teniendo en cuenta los comentarios de los expertos.

La principal evaluación realizada para las sugerencias fue el grupo de enfoque. Una muestra de la interfaz del software fue expuesta a los expertos, en una presentación paso a paso. Teniendo un caso cotidiano que se debiera resolver, lo cual que debiera lograrse con el software, y demostrando como se podría resolver con

el software IMMA (con las modificaciones sugeridas). A continuación, los expertos del grupo participaron al realizar algunas observaciones sobre la interfaz del software y de las posturas obtenidas, con estos comentario fue posible reestructurar las modificaciones sugeridas al incluir las observaciones de los expertos.

### 2.3.4 Comunicación

---

Dado que el proceso de desarrollo de sugerencias para el software se considera un ciclo, la etapa de comunicación tuvo que ser constante durante todo el proceso. Un ejemplo, fué cuando se presentó la propuesta de modificaciones al grupo de expertos, y los desarrolladores de software estuvieron presentes durante este proceso, lo cual fue importante para que ellos

entendieran cuáles eran los motivos para modificar el software y aplicar los cambios sugeridos a las versiones más recientes del software. Esta etapa también incluirá la demostración gráfica de las mejoras propuestas en el software, mostrada en el capítulo de Resultados de éste informe.

## 2.4 Análisis e información

---

Esta sección será para el análisis y la evaluación de la información obtenida. En este caso se trata de establecer comparaciones entre los diferentes datos obtenidos y su presentación en la sección Resultado de éste informe. Comenzando con la comparación entre los valores sugeridos para las posturas ideales encontrados en la literatura y los valores obtenidos en el estudio de posturas con conductores. Otra comparación será entre los procesos en la industria para las evaluaciones ergonómicas y los que se encuentran en el análisis de referencias.

Como parte de la evaluación, varias opciones de modelos ergonómicos o estrategias se analizaron para comparar su exactitud. También, una demostración de las estrategias se llevó a cabo con el software IMMMA; para mostrar las diferencias entre las posturas presentadas para los diferentes tipos de vehículos.

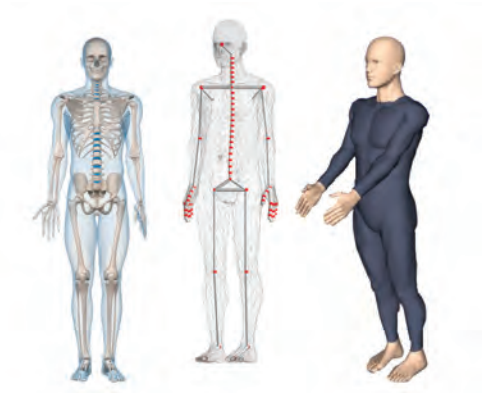


# 3 BASE TÉORICA

El objetivo de la base teórica es comprender dónde se posiciona el proyecto como un proyecto de investigación en el mercado. Para comprender plenamente las necesidades de la industria de los vehículos hacia un software ergonómico y las posibilidades que este puede traer en un futuro cercano

## 3.1 Modelado Virtual Humano (DHM)

---



Debido a la velocidad y el entorno competitivo en el que los productos son desarrollados y fabricados, es necesario cumplir con requisitos de seguridad de la forma más eficaz en las primeras fases del proceso de desarrollo, lo cual lleva a pruebas antes de que comience la producción. Este tema ha sido tratado por evaluaciones digitales previos a su

manufactura. (Chaffin, 2007). Por lo tanto, seres humanos digitales son creados para simular virtualmente las interacciones con los productos y generar las evaluaciones que ayudarán a los diseñadores a mejorar las características del producto incluso antes de que exista físicamente.

Visto desde un punto de vista ergonómico, los humanos digitales o maniqués se han creado con características específicas que representan una población determinada para predecir la interacción de los seres humanos con los objetos. Estos seres humanos son especificados por el diseñador con ciertos atributos de grupos como: estatura, peso, sexo o edad (Kullberg, 2014). Para hacer una evaluación, el maniquí necesita colocarse en un escenario virtual en donde ciertas tareas deben cumplirse, el diseñador establece al maniquí a hacer las tareas y se presenta una evaluación de los riesgos de salud que la asignación específica podría provocar al maniquí, centrándose en las fuerzas aplicadas en las articulaciones a través de las posturas.

El desarrollo de DHM software ha aumentado en los últimos 40 años, más de 150 evaluaciones ergonómicas con seres humanos virtuales son conocidos según Duffy (2009), de los cuales se centró en distintos sectores de la industria, teniendo un mayor impacto en las relevantes a la manufactura y la industria del transporte, desde aviones a vehículos de construcción. creado con características específicas que representan una población determinada para predecir la interacción de los seres humanos con los objetos. Estos seres humanos son especificados por el diseñador con ciertos atributos de grupos como: estatura, peso, sexo o edad (Kullberg, 2014). Para hacer una evaluación, el maniquí necesita colocarse en un escenario virtual en donde ciertas





*Figura 3.1: Simulación de usuarios y sus áreas de movimiento (University of California, 2014).*

tareas deben cumplirse, el diseñador establece al maniquí a hacer las tareas y se presenta una evaluación de los riesgos de salud que la asignación específica podría provocar al maniquí, centrándose en las fuerzas aplicadas en las articulaciones a través de las posturas.

En la Figura 3.1 y Figura 3.2 se muestran ejemplos del uso de software DHM. Según Duffy (2009) el desarrollo de software DHM ha aumentado en los últimos 40 años, más de 150 evaluaciones ergonómicas con humanos virtuales son conocidos, de los cuales se centró en distintos sectores de la industria, teniendo un mayor impacto en los relevantes a la manufactura y la industria del transporte, desde aviones hasta vehículos de construcción.

Algunos programas ya existentes en el mercado se utilizan en las industrias para analizar posturas ergonómicas de los trabajadores y se centran principalmente en una serie de tareas a lo largo de la línea de producción y evaluar los niveles de riesgo en todo el proceso de trabajo, en la Figura 3.3 se muestra un ejemplo, esto ayuda a evitar lesiones al trabajador y ofrece interacciones seguras que pueden mejorar la eficiencia a lo largo de la línea.

En otros casos, el software se utiliza para probar los vehículos y la interacción con ellos, incluyendo la predicción de la postura por defecto para los conductores; esto puede obtenerse poniendo el maniquí en la posición adecuada en el asiento y una selección de posibles



*Figura 3.2: Ejemplos de maniquis con el software de Jack Medical (Siemens, 2010).*

tareas o movimientos, así una valoración ergonómica se puede obtener de las posturas finales.

Los softwares ergonómicos estudiados para este fundamento teórico fueron: Ramsis, Jack y Delmia Human, en su postura de sentado por defecto y sus herramientas para la predicción de posturas. Para una mayor comprensión de los principios detrás del software, habrá un estudio de observación del uso real del software por expertos en evaluaciones ergonómicas; durante las visitas a las empresas de vehículos.

Jack se estudió como una referencia del software ergonómico, pero no se observó empleado en ninguna de las industrias. En la versión disponible de

Jack se tenían algunas de las funciones para la predicción de posturas, éstas dentro de las herramientas del paquete de ocupantes. No obstante, se debe señalar que las posturas por defecto del software no están diseñadas para predecir posturas de un conductor vehicular, están diseñadas basandose en posturas de sentado para actividades de trabajo en una silla o banco. Una de las características más interesantes que tiene el software es la capacidad de asignar tareas al maniquí, para después poder ser repetidas en otros maniquíes de diferentes tamaños, generando una evaluación más completa.

Ramsis fue otra referencia de software ergonómico, al haber tenido la oportunidad de comprobar las posturas



*Figura 3.3: simulación con software IMMA en análisis de ensamblaje (FCC, 2014).*

y obtener las evaluaciones ergonómicas. Además, el software Ramsis fue encontrado y observado en la industria, por lo que las observaciones fueron tomadas por usuarios expertos. El software puede ser usado como herramienta de Catia, esto ofrece diferentes funciones, pero el aspecto general del software es diferente ya que la interfaz que se utiliza es la de Catia. Hay diferentes versiones de Ramsis, de acuerdo a las necesidades, en referencia a la predicción de posturas el software se especializa en sentado de conducción, por lo que el paquete de herramientas de ocupantes parecía completo para posturas estáticas de sentado. Además, se observó que existen diferentes posturas: una postura regular de sentado, un sentado en coche y la oportunidad de sentado en

camion (que no están disponibles en todas las versiones del software).

Otro software observado en la industria fue Delmia Human, pero debido a las limitaciones de acceso, este software no se puede estudiar directamente, aunque, es utilizado por las empresas relacionadas con este estudio. Tal cual como Ramsis, Delmia Human puede ser utilizado como una herramienta de la interfaz de Catia. El software no está especializado en las posturas para sentarse pero parece ser más eficaz para otros tipos de evaluaciones entre los distintos vehículos y las interacciones entre maniqués.

Todo el software estudiado puede utilizarse para obtener predicciones de posturas de

sentado de vehículos, pero cada software tiene un procedimiento específico con el fin de hacer una evaluación y también ofrecen otro tipo de datos, aunque las normas de seguridad que tienen que cumplir tienen que ser las mismas. Cada uno de los softwares fueron creados para las necesidades específicas de la industria, pero que han evolucionado e incluyen herramientas similares para resolver las evaluaciones ergonómicas aunque el principio detrás de cada software es diferente. Debido a estas características las evaluaciones de un vehículo podrían no ser las mismas con otro software, pero siempre que las normas internacionales sean cumplidas las evaluaciones deberán ser válidas.

## 3.2 Paquete para el Usuario (*Occupant Packaging*)

La postura de sentado predicha se suele incluir en el “Paquete de Herramientas” del “Software del Ocupante Humano Digital” para modelado, por lo tanto, esta sección se centra en el conjunto de herramientas y algunas de las normas internacionales que deben ser consideradas para las posturas de sentado del conductor.

La industria automotriz utiliza el término “Paquete” para las actividades que implican la distribución del espacio dentro de un vehículo, teniendo en cuenta los componentes, sistemas y sus ocupantes a colocarse adecuadamente sin comprometer sus funciones y se limita al espacio disponible definido por el concepto los diseñadores. (Bhise, 2012)

El “Paquete del Ocupante” en el software DHM ayuda a los diseñadores e ingenieros sobre la forma de colocar los maniqués virtuales dentro del habitáculo de los vehículos, a través de una representación virtual que puede incluir dibujos y modelos de los campos pertinentes para ser evaluados. Ciertos estándares, puntos de referencia, y mediciones clave se toman en consideración cuando se desarrolla un vehículo. Según Bhise (2012) algunas de las consideraciones principales para Occupant Packaging pueden agruparse en:

### **Consideraciones principales para el paquete de usuario**

- 1** Espacio de acceso y salida
- 2** Posturas de sentado
- 3** Controles en manos y pies
- 4** Visibilidad
- 5** Espacio de guardado
- 6** Servicios



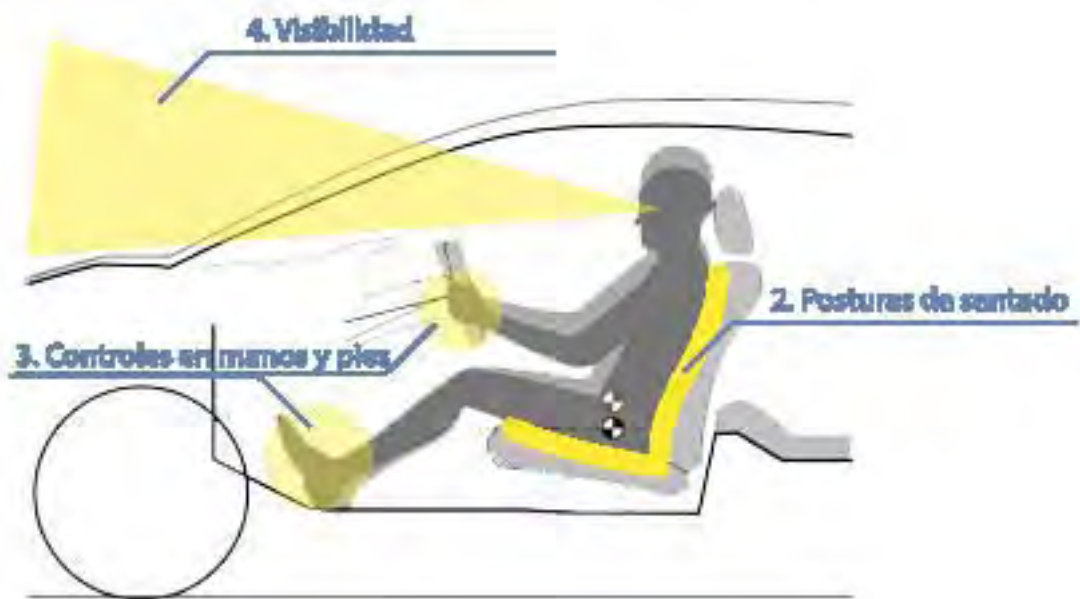


Figura 3.4: Principales consideraciones para la predicción de posturas de los conductores

La industria del automóvil requiere que el software de ergonomía incluya un paquete de herramientas del ocupante para las evaluaciones ergonómicas durante el proceso de desarrollo para distribuir eficientemente el espacio en el interior de la cabina; este kit puede incluir factores humanos de análisis para el confort y funcionamiento (Jack manual, 2013) que están basados en parámetros existentes.

Por ejemplo, algunas de las herramientas proporcionadas por el software Jack (Jack manual, 2013) dentro del "Paquete de Herramientas del Ocupante" son:

- Directrices SAE para el embalaje
- Predicciones de postura de sentado
- Evaluación de confort
- Comportamiento de pedal
- Análisis de Visión

Este tipo de herramientas ayudan a los diseñadores en encontrar: posturas cómodas de sentado, ubicación ideal de los controles de manos/pies, y evaluar los niveles de visibilidad en los vehículos. Por lo tanto, algunas de las consideraciones principales, tal como se definen por Bhise (2012), están cubiertos (2. Postura cómoda de sentado, 3. controles de mano y de pie, y 4. Visibilidad), dejando el análisis restante a los ingenieros, para una evaluación completa del espacio y la interacción con los pasajeros.

A fin de dar cabida al maniquí en el entorno virtual, es necesario comprender algunos conceptos como las normas internacionales basadas en criterios antropométricos, de donde las mediciones de vehículos son realizadas.

Bhise (2012) y Ghikas (2013), mencionan que algunos de los puntos de referencia más comunes, basada en las normas SAE, que se utiliza en la industria automotriz son:

<b>Puntos de referencia más comunes en la industria automotriz</b>		
	<b>AHP</b>	<b>Punto de talón en el acelerador.</b> Punto más bajo de contacto entre el talon del conductor y el piso del vehiculo.
	<b>A47</b>	<b>Ángulo del plano al pedal.</b> Ángulo del pedal acelerador a la horizontal del vehículo.
	<b>BOH</b>	<b>Planta del pie.</b> Punto en una línea recta, tangente a la parte inferior del zapato, ubicado en la mitad del ancho del pie.
	<b>H-point</b>	<b>Punto H.</b> Punto en el cuerpo humano actuando como centro de giro entre el torso y muslo.
	<b>SgRP</b>	<b>Punto de referencia de sentado.</b> Es un punto H específico empleado en la paqueteria para el usuario de vehiculos.

Ya que existen diferentes tipos de vehículos, y cada uno tiene necesidades específicas, un grupo definido debe ser identificado; por tanto un rango específico de tamaños de cuerpos pueden ser seleccionados para cumplir con la tarea y ser alojados en el interior, teniendo

en cuenta los mencionados puntos de referencia. En la industria, dependiendo de los productos, existen porcentajes poblacionales definidos para probar que los productos garantizan los requisitos de salud y bienestar aplicables para la mayoría de los usuarios (Kullberg, 2014).

## 3.3 Posturas de sentado

---

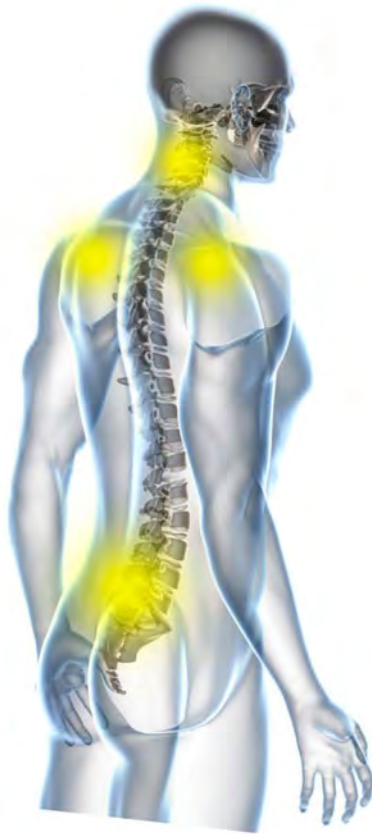
Dado que el propósito de la investigación fue identificar un modelo de sentado, esta sección del informe es un resumen de la información recabada en estudios de investigación con análisis existentes de posturas para sentarse.

Algunos de los textos encontrados, con una explicación detallada de posturas de sentado fueron estudios experimentales realizados específicamente para evaluar posturas de trabajo, lo cual tiene características especiales que pueden modificar la postura, por ejemplo: el tipo de concentración requerida para realizar las tareas o el tiempo que el usuario deberá permanecer estático.

Es importante que las industrias usen adecuadamente las simulaciones para evaluar los asientos que desarrollan, ya que los clientes se quejan con frecuencia de incomodidad en el cuerpo por una postura constante (Andersson, 1999; Ebbe & Griffin, 2001). Como muestra la Figura 3.5 las partes afectadas normalmente son:

- cuello
- hombros
- espalda baja

Por lo tanto, el diseño de productos que requieren posturas de sentado no se deben evaluar ergonómicamente solamente con una referencia estática, otras consideraciones se deben hacer, ya que factores externos afectan la postura y el nivel de confort va a cambiar en función



*Figura 3.5: Puntos de dolor frecuente en conductores debido a una mala postura*

de la tarea y la duración del período de trabajo. Para evitar riesgos a la salud varias simulaciones deben hacerse antes de definir el acomodo de un asiento.

De igual manera, para la industria automotriz, con el fin de definir la postura en el asiento conductor todos los factores relacionados con el conductor debe ser considerada, no sólo la dificultad de conducir, sino también otras tareas que se ejecutarán en la zona de la cabina. Por lo tanto, se han realizado estudios especializados en un tipo de vehículo y en relación con las tareas concretas para evitar la incomodidad y fatiga generadas por posturas . Algunos ejemplos son las investigaciones para las posturas optimas sugeridas para asientos de

autos como: Andersson, Örtengren, Nachemson, y Elfström (1974) y Hanson, Sperling & Akelsson (2006). Además, estas investigaciones tienen en cuenta factores externos para definir una postura adecuada y observan que los conductores reajustan su posición durante un período de tiempo.

Se encontraron varios estudios de posturas de sentado para conductores, sin embargo, estos estudios utilizan referencias antiguas para predecir las posturas lo cual puede no ser adecuado ya que, algunos estudios más antiguos definen posturas según la fuerza necesaria para la tarea de conducir. Y dado a que han habido mejoras en la tecnología, la fuerza humana no desempeña un papel tan importante para conducir como lo

hacía en el pasado. El funcionamiento de los vehículos se ha complejizado para facilitar su uso por medio de avances como: sistemas hidráulicos, mecanismos asistidos por computadora, entre otros. Lo cual, concluye en aplicar menos fuerza para maniobrar los controles de los vehículos y, por lo tanto, simplificar la parte mecánica de la conducción, lo que permite que los conductores puedan concentrarse más en los factores externos o puedan realizar tareas más complicadas dentro del vehículo. Por lo tanto, es cuestionable que la postura del conductor pueda ser definida solamente por valores de comodidad e inconformidad.

En la Figura 3.6 se muestran algunos de los factores que afectan al conductor y la

posición de sentado adquirida.

Han habido diferentes estudios para analizar correctamente las posturas y definir los ángulos ideales del cuerpo al adaptar una postura, pero la mayoría de ellos se realizaron para fines específicos y se limitan a la experimentación con diferentes métodos, lo que causa una complicación cuando se comparan, puesto que los datos no siguen las mismas características ni fueron tomados con los mismos criterios (Schmidt, Amereller, Franz, Kaiser and Schwritz, 2014). Por lo tanto, sólo los estudios con ángulos de comodidad se consideraron para las comparaciones de este proyecto y se definen en la siguiente sección de este informe.



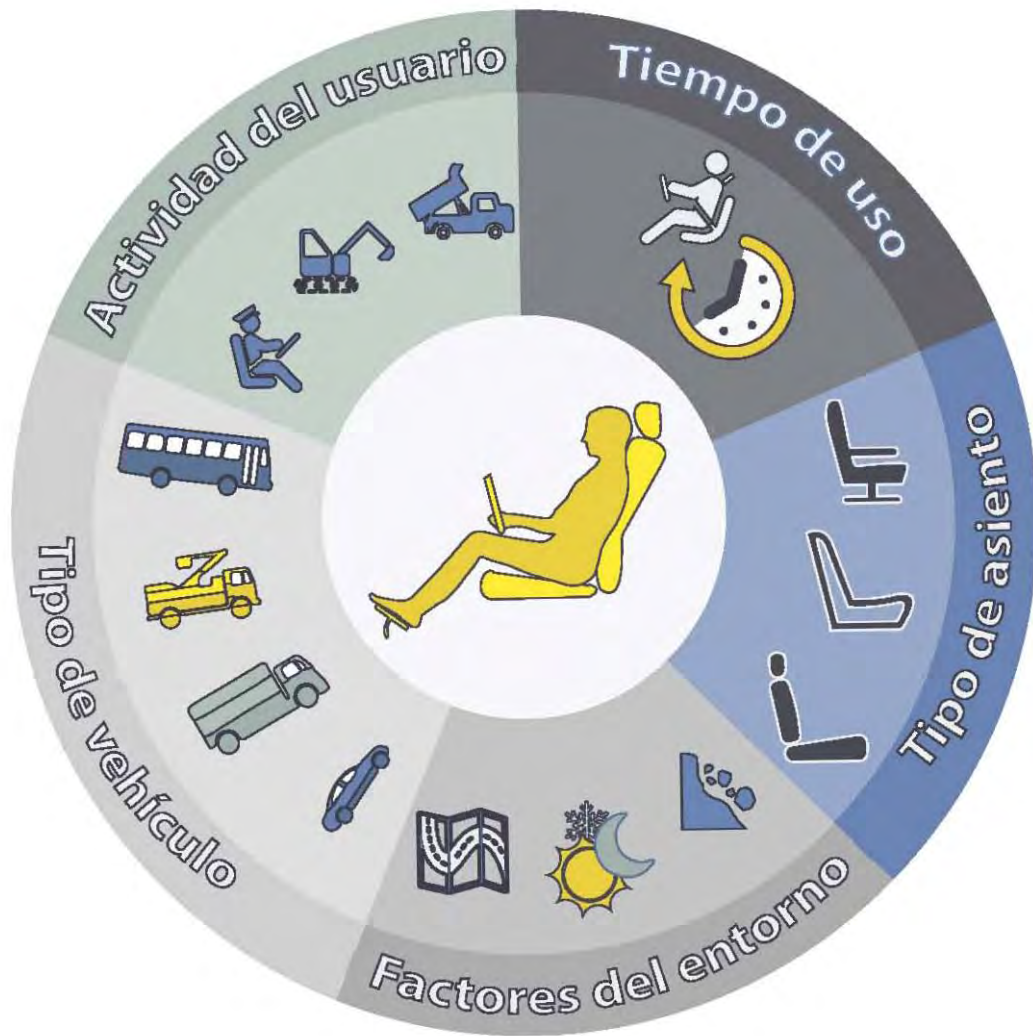


Figura 3.6: Factores que influyen en la postura de los conductores

## 3.4 Ángulos de comfort

---

El cuerpo humano está expuesto constantemente a posturas que podrían no ser las ideales para un desarrollo saludable, aunque algunas pueden no causar daños, las lesiones pueden ocurrir cuando la exposición a una postura inadecuada se convierte en una rutina o se repite durante períodos largos de tiempo.

Este tipo de exposición a posturas constantes se han convertido en un tema importante para las industrias, ya que los trabajadores y los usuarios de los productos podrían estar expuestos a posturas constantes que pueden crear trastornos musculoesqueléticos. Las posturas de sentado son consideradas como uno de los factores principales de los problemas de espalda en el mundo

moderno, es la razón por la que hay diversos estudios referentes al confort de sentado (Kyung, Nussbaum & Babski-Reeves, 2008).

Una postura ideal es difícil de definir ya que hay muchos factores externos que afectan la postura de los conductores como menciona Schmidt et al. (2014). Cuando se trata de vehículos, algunos de los factores que limitan las posturas pueden ser razones de espacio, tareas que requieren diferentes niveles de concentración, y la vibración de las carreteras, lo que puede aumentar el riesgo de trastornos musculoesqueléticos. (Porter & Gyi, 1998)



*Figura 3.7: Comparación de asiento con diferentes antropometrías: mujer pequeña, hombre promedio y hombre extremo .*

Hanson, Sperling y Akelson (2006), cuestionan la validez de definir una postura por medio de los conceptos comodidad/incomodidad de los ángulos. El cuestionamiento surge porque puede ser complejo para definir las clasificaciones ya que la mayoría de los estudios de esta materia han basado sus ensayos sobre la percepción de comodidad. Debido a que no hay información suficiente para evaluar las posturas con otras normas, el uso de conceptos comodidad y la incomodidad son continuos en varios estudios, en los que los rangos de movimiento se validan mediante teorías y trabajos de laboratorio y se categorizan como posiciones o posturas de confort. Por lo tanto, para el software ergonómico se ha utilizado esta información y se prevén posturas junto

con directrices normalizadas, para crear una simulación adecuada, que pretende disminuir los problemas de postura de los conductores.

Teniendo en cuenta los estudios previos y procurando usar información similar a la observada en los estudios, se requiere de una estandarización para poder realizar la comparación entre la literatura y los valores obtenidos, por lo tanto los ángulos que se estudiarán se muestran en la Figura 3.8, estos serán los que se utilicen a lo largo de la investigación, aunque no son los únicos ángulos que definen una postura corporal.

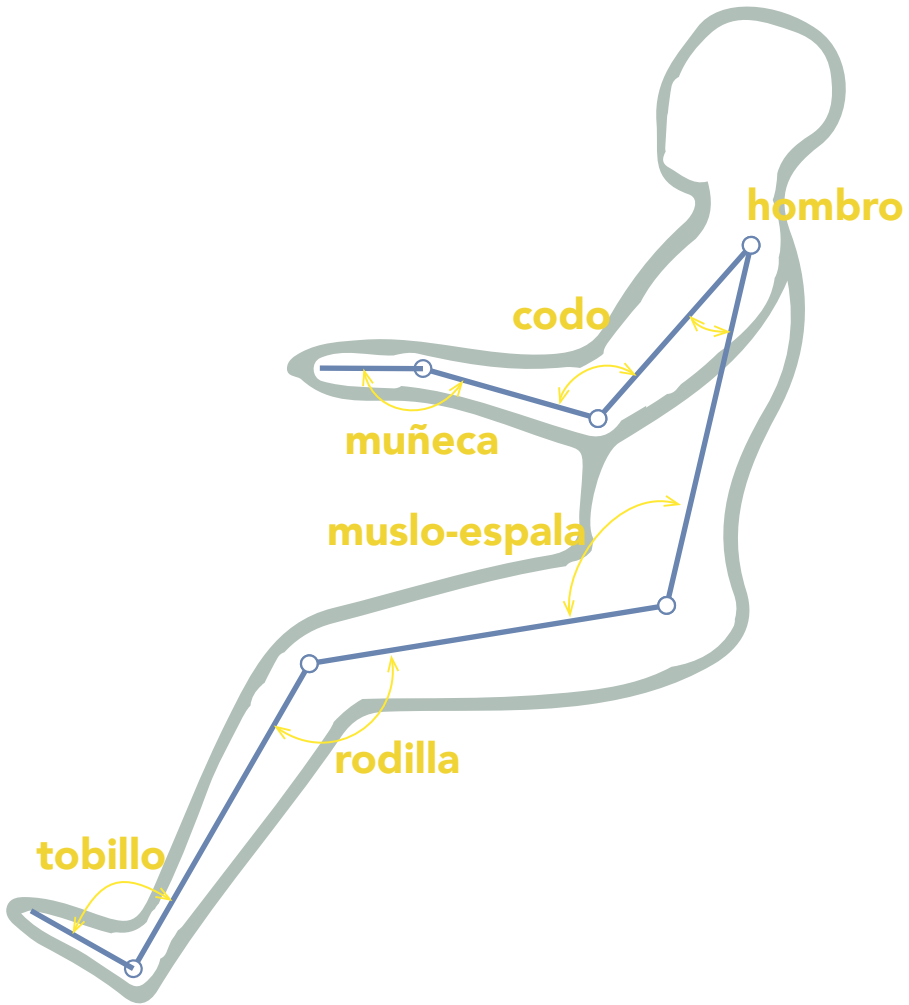


Figura 3.8: Ángulos utilizados para éste reporte de investigación



# 4 RESULTADOS

Este capítulo tiene como contenido los resultados de la investigación, centrándose en cada área por separado desde la recolección de datos, las comparaciones entre tipos de vehículos y los valores de ángulos encontrados en las referencias, también los resultados presentados al emplear el software IMMA y presentar las sugerencias para mejorar el software.



## 4.1 Información recabada

---

Esta sección contiene la información obtenida de diferentes estudios que involucran a futuros usuarios que serán beneficiados por el software IMMA.

Incluyendo: un estudio de observación

en la industria, un estudio presencial con conductores y un grupo de enfoque con los expertos en ergonomía de la industria automotriz.

### 4.1.1 Análisis de la industria

---

Las empresas que participaron en el estudio de observación fueron: Volvo trailers, Scania y Volvo vehículos de construcción. Cada empresa preparó una reunión, centrándose en la guía de preguntas enviadas a ellos anteriormente. El software observado en las diferentes industrias fue: Delmia Human y Ramsis.

Se mencionó que Ramsis contaba con una buena predicción de postura de sentado ya que el software fue diseñado para eso, además cuenta con la opción de obtener bases de datos que se podrían aplicar a las familias de maniqués. Delmia Human por otro lado, es más complicado, ya que tiene más procedimientos para hacer frente a la



Empresas participantes en el estudio de observación

misma problemática con el maniquí, para obtener una postura de sentado, a pesar de que se ha especificado que en algunos casos Delmia Human era más fácil de colocar el maniquí y dan mejores resultados en las evaluaciones con movimiento que no involucran la predicción de postura sentada.

A partir del estudio de observación con las distintas empresas, se pueden hacer algunas generalizaciones en el uso de software ergonómico:

- Las posturas predefinidas se utilizan para colocar al maniquí en una postura inicial en el asiento, a continuación, se realizan modificaciones en la postura para definir la postura en el asiento dependiendo el modelo de vehículo. En los casos en que el asiento tendrá un impacto importante en la postura, más modificaciones a la postura

predefinida serán necesarias. Esto provoca un conflicto cuando se intenta replicar las evaluaciones ergonómicas, debido a que las modificaciones de la postura se hacen generalmente manualmente, dejando un gran margen de error.

- Evaluaciones físicas se llevan a cabo más adelante en el proceso de diseño, con el fin de verificar que la postura predicha con el software sea similar a la postura de una persona real en un asiento prototipo. En muchos casos no hay tiempo suficiente para tener una verificación completa de la postura así que una estimación se realiza y se adaptan correcciones cuando se pueda hacer prueba con el prototipo físico.

- Dependiendo del tipo de evaluación que se requiera, se puede dar el caso de que sólo una parte del cuerpo debe ser

probado. En este caso, posturas previas de todo el cuerpo se utilizan y sólo se realiza un ajuste en la extremidad necesaria. Sin embargo, la verificación de toda la postura del cuerpo debería realizarse cuando hay un ajuste en una extremidad, para ver si hay alguna influencia en la postura; pero debido a las limitaciones de tiempo esta verificación es omitida.

- Cada compañía tiene un procedimiento para colocar el maniquí en postura de sentado, enfocándose en ciertas prioridades para determinar una postura (es decir, empezar con el pie en pedal, seguido de determinar el punto H, etc. (referencia en capítulo 3.2)), a partir de la cual se esperan obtener diferentes evaluaciones ergonómicas como: pruebas de alcance y agarre, pruebas de visibilidad, pruebas de confort, etc.

- Los resultados requeridos de cada evaluación ergonómica pueden variar de un caso a otro, pero en la mayoría de los casos el departamento de ergonomía presenta un informe que muestra los resultados gráficamente. Porque, en todos los casos los resultados son enviados a otros departamentos de la empresa con menor o ningún conocimiento sobre ergonomía, por lo tanto, la información ha de ser clara.

- A pesar de que las empresas tienen diferentes tamaños de maniquíes en las bases de datos, no hay suficiente tiempo para evaluar todos los posibles tamaños para asegurar que no tendrán riesgos en la salud. Por lo tanto, cuando el tiempo es limitado, sólo los percentiles extremos se evalúan con el software ergonómico.

## 4.1.2 Estudio de confort con conductores

---

Todos los conductores se sentaron en su posición preferida en sus vehículos y una fotografía se tomó para calcular los ángulos de postura en la posición de conducción para cada vehículo.

Como se muestra en la Figura 4.1 , no todos los vehículos se pueden acceder desde el mismo lado, por lo tanto las imágenes fueron tomadas por el lado con mejor visión de la posición del conductor, que coincidentemente es el mismo lado de entrada a la cabina del vehículo.

Algunos datos obtenidos de la encuesta aplicada a los conductores:

- Los conductores de autobuses no conducen el mismo vehículo todos los días, tienen acceso a diferentes tipos de

vehículos en función a la ruta del día. Por lo tanto, un ajuste del asiento es parte de la rutina diaria.

- Para todos los vehículos que se utilicen para el trabajo, hay regulaciones de tiempo (estipuladas por el gobierno sueco) para evitar lesiones y mantener una buena concentración en el trabajo. Los conductores profesionales deberán tener un descanso cada 3 o 4 horas, dependiendo del tipo de vehículo y la dificultad de la tarea a realizar.

- La experiencia de conducción cambia según el tipo de vehículo. Los sujetos de este estudio tenían un promedio de:

- 2 años de experiencia para los conductores de autobús



Autobus



Trailer

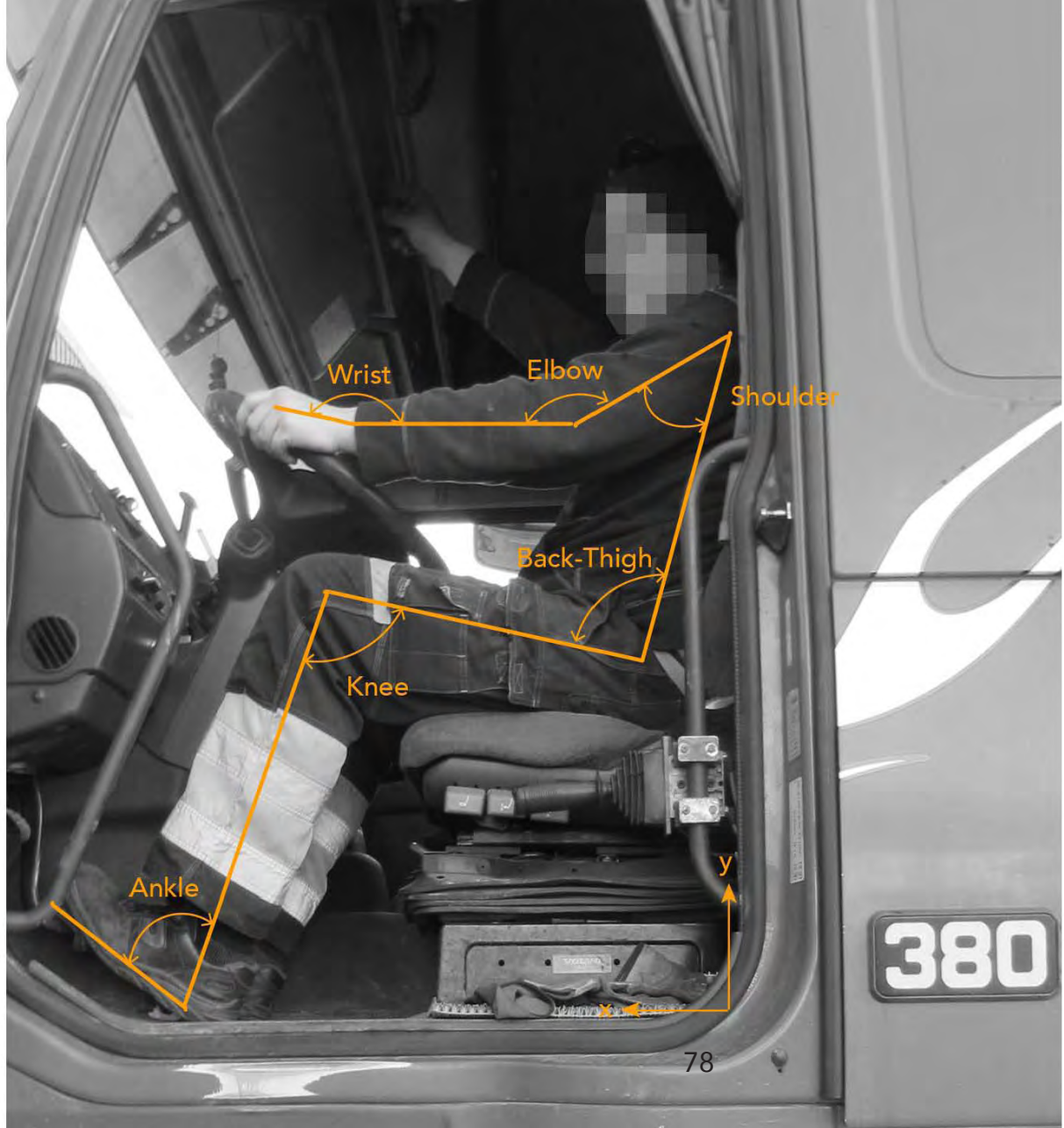


Vehículo de construcción



Automóvil

Figura 4.1: Ejemplos de conductores en diferentes tipos de vehículos



Wrist

Elbow

Shoulder

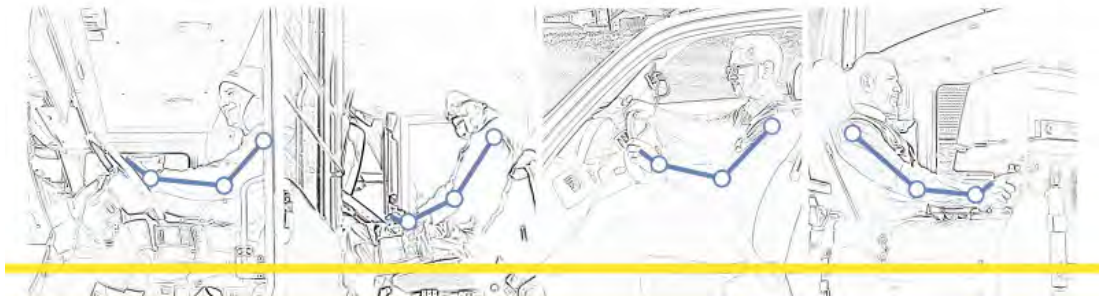
Back-Thigh

Knee

Ankle

380

78



*Figura 4.2b: Muestra de ángulos superiores observados en diferentes tipos de vehículos*

< *Figura 4.2a: Muestra de ángulos observados durante el estudio*



- 11 años de experiencia para los conductores de trailers
- 6 años de experiencia para los conductores de vehículos de construcción
- 9 años de experiencia para los conductores de automóviles
- Las marcas de vehículos observadas en este estudio fueron:
  - para autobuses: Volvo, Scania, Solaris.
  - Para trailers: Volvo y Scania
  - para vehículos de construcción: Volvo, Dynapac, CAT
  - Para coches: BMW, Chevrolet, Ford, Opel, Renault, Volvo.

**Tareas realizadas por los pilotos con el vehículo (además de conducir) fueron las siguientes:**

- Para autobuses: entrada/salida del

conductor al asiento, ajuste en el asiento del conductor y área de trabajo, abrir o cerrar puertas en paradas, ayudar a los pasajeros que requieran asistencia para acceder al autobús y para asegurarlos en la zona adecuada junto con los demás pasajeros, cobrar a los pasajeros o revisar sus billetes, llenar el depósito de gas, inspeccionar el vehículo en busca de problemas.

- Para trailers: (cada uno de los trailers en el estudio tiene distintas características, por lo tanto, sólo las tareas que se realizan dentro de la cabina serán consideradas) entrada/salida del conductor a la cabina del vehículo, alcance de las áreas de almacenamiento, descanso en zona adecuada, en el caso de algunos trailers es necesario realizar tareas externas

manipuladas desde la cabina.

- Para coches: ingreso/egreso, ayuda para el resto de los pasajeros entrando y saliendo, carga/descarga de cajuela, asegurar a otros pasajeros en su lugar, llenar el depósito de gas, revisar motor y los niveles, limpieza del vehículo.

Las imágenes de los diferentes pilotos se tomaron considerando la mejor vista de la posición adquirida por el conductor, y después los ángulos de la postura se calcularon para cada participante. Una muestra de cómo los ángulos se calcularon con el software se puede observar en las Figura 4.2a y 4.2b . Una vez localizados, los ángulos, se calcularon para cada conductor en su postura de sentado.

Cada tipo de vehículo se trató por separado; por tanto, los datos obtenidos se dividieron en 4 categorías para calcular el valor medio y la desviación estándar para cada ángulo de la postura. Con los cálculos obtenidos se generó el rango de cada uno de los ángulos; éste se obtuvo sumando o restando la desviación estándar según el caso; a fin de obtener el mínimo y el máximo valor de los ángulos, como se muestra en la Tabla 4.1. Los valores resaltados son los valores medios calculados para los ángulos de postura para cada tipo de vehículo, y serán los que se utilicen para las comparaciones futuras.

Tabla 4.1: Ángulos obtenidos a partir del estudio de conductores

		Espalda	Rodilla	Tobillo	Hombro	Codo	Muñeca
 Autobuses	media	100.5	97.1	--	47.1	154.3	160.6
	stdDev	7.1	12.5	--	12.2	3.7	7.6
	mínimo	93.4	84.5	--	34.9	150.6	153.0
	máximo	107.6	109.6	--	59.2	158.0	168.1
 Trailers	media	94.7	110.0	87.8	50.2	144.2	162.2
	stdDev	8.1	9.8	17.7	17.8	11.2	13.7
	mínimo	86.6	100.2	70.1	32.4	133.1	148.5
	máximo	102.7	119.8	105.5	68.0	155.4	175.9
 V. de construcción	media	102.6	109.5	90.2	31.4	149.2	136.3
	stdDev	4.9	5.2	18.8	9.5	17.4	29.3
	mínimo	97.7	104.2	71.3	21.9	131.8	107.0
	máximo	107.5	114.7	109.0	41.0	166.6	165.6
 Autos	media	98.5	112.0	102.7	43.6	130.7	177.5
	stdDev	3.9	13.1	12.3	14.4	16.5	17.7
	mínimo	94.6	98.9	90.4	29.1	114.2	159.8
	máximo	102.3	125.1	115.0	58.0	147.2	195.2

## 4.1.3 Focus group con expertos de la industria

---

**Las actividades para el grupo de enfoque o “focus group” se dividieron en dos secciones: la primera para conocer las experiencias y expectativas de los expertos, y la segunda para probar el funcionamiento de las modificaciones sugeridas para el software.**

Para la primera sección se realizaron dos actividades: la presentación del mejor/ peor de los casos que han experimentado en la industria. Y la segunda, el escenario ideal para una valoración ergonómica. Los resultados fueron los siguientes:

- (En vez de presentar los casos positivos, se hicieron algunos comentarios de elementos buenos del software ya que los participantes tuvieron complicaciones

pensando en situaciones ideales experimentadas con software ergonómico) Todos los participantes en el grupo de enfoque dijeron que una experiencia positiva fue cuando el software les facilitaba las tareas como la colocación del maniquí en el escenario virtual, y cuando las instrucciones eran sencillas a través del software obteniendo resultados inmediatos y precisos.

- De las experiencias negativas mencionados por los expertos, los resultados son los siguientes:
  - Cuando las instrucciones son complicadas o el proceso tiene muchos pasos a seguir para conseguir un buen resultado.
  - Además, se mencionó que para algunos de los procedimientos con el software no hay retroalimentación inmediata cuando

algo falla o no sucede como se esperaba, por lo que en muchos casos se pierde la información, éste tipo de situaciones se vuelve realmente frustrante. Por ejemplo, si un maniquí no tiene todas las restricciones de movimiento el software no puede realizar la evaluación pero al usuario no le aparece ninguna advertencia de la situación, simplemente no presenta resultados de la evaluación.

-Uno de los principales inconvenientes mencionados por los participantes tenía que ver con el manejo de archivos entre los departamentos y la capacidad limitada del software para manejar grandes archivos de CAD (aunque esto no es algo que pueda ser directamente tratado por el software, es importante considerar la compatibilidad con otras aplicaciones que las empresas

podieran estar utilizando y tener en cuenta factores externos que pueden afectar la funcionalidad del software).

---

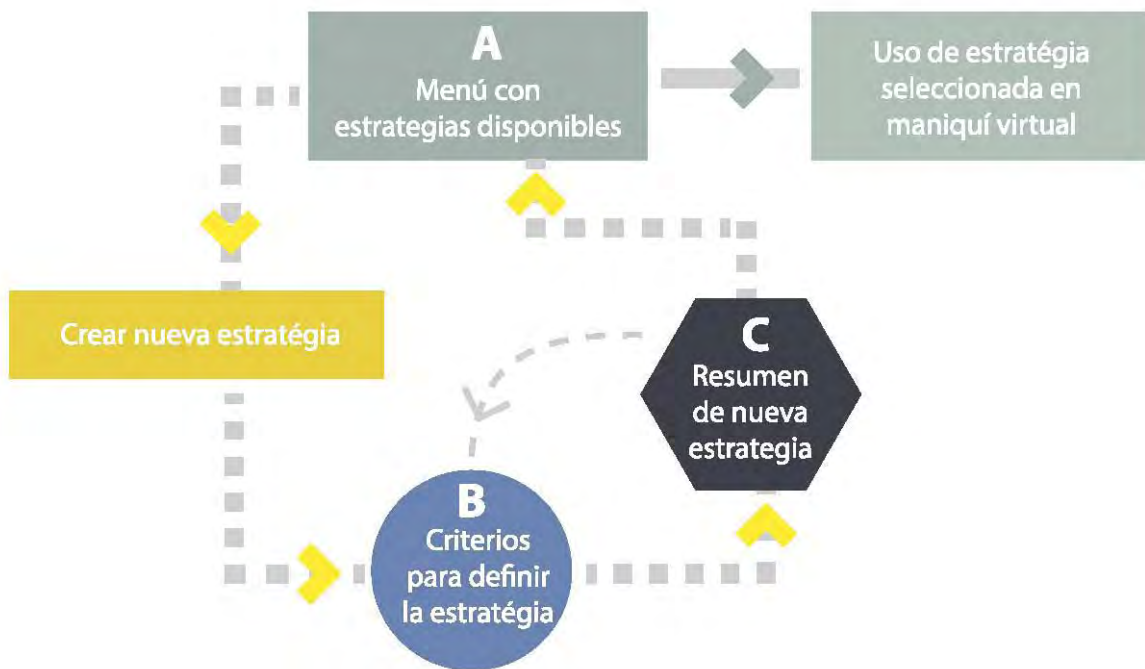


Figura 4.3: Esquema de funcionamiento para el uso de la interfaz de estrategias ergonómicas, las fases A (Figura 4.4), B (Figura 4.5), y C (Figura 4.6) son las propuestas para el software IMMA.

La segunda sección del grupo de enfoque, se realizó para mostrar las modificaciones sugeridas por el software IMMA y obtener retroalimentación de los expertos. Se mostró la interfaz del menú sugerida para estrategias de predicción de postura, junto con el procedimiento paso a paso de cómo se utilizaría en un caso muestra. Figura 4.3 muestra el esquema de funcionamiento sugerido para el software.

Después de utilizar las estrategias de la versión muestra de IMMA se observó que la información era difícil de introducir en la lista de estrategias y no estaba claro cuál era la información solicitada. Además, los ángulos que definen una postura eran demasiados para que el usuario pudiera definirlos. A partir del estudio

de observación con la industria, una actividad interesante fue que los expertos reutilizaban las posturas de sentado para diferentes evaluaciones, por lo que era necesario salvar las estrategias y ser capaz de categorizarlas según su aplicación, pero este tipo de menú no se utiliza en todas las ocasiones, solo en ocasiones especiales, así que no hay necesidad de que el usuario tenga todas las opciones a la vez. Tomando en cuenta esas consideraciones se realizó una propuesta para la interfaz del menú de estrategias.

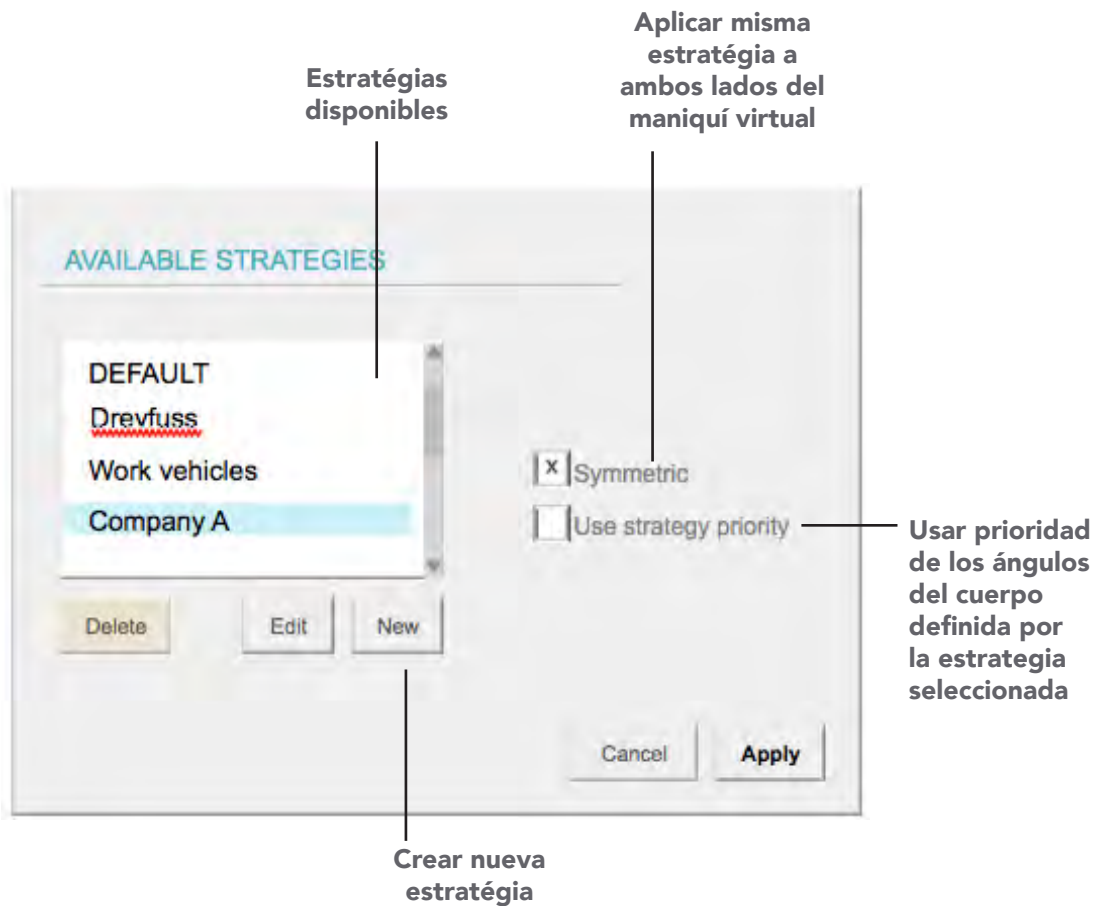


Figura 4.4: (A) Propuesta para menú inicial de selección de estrategia



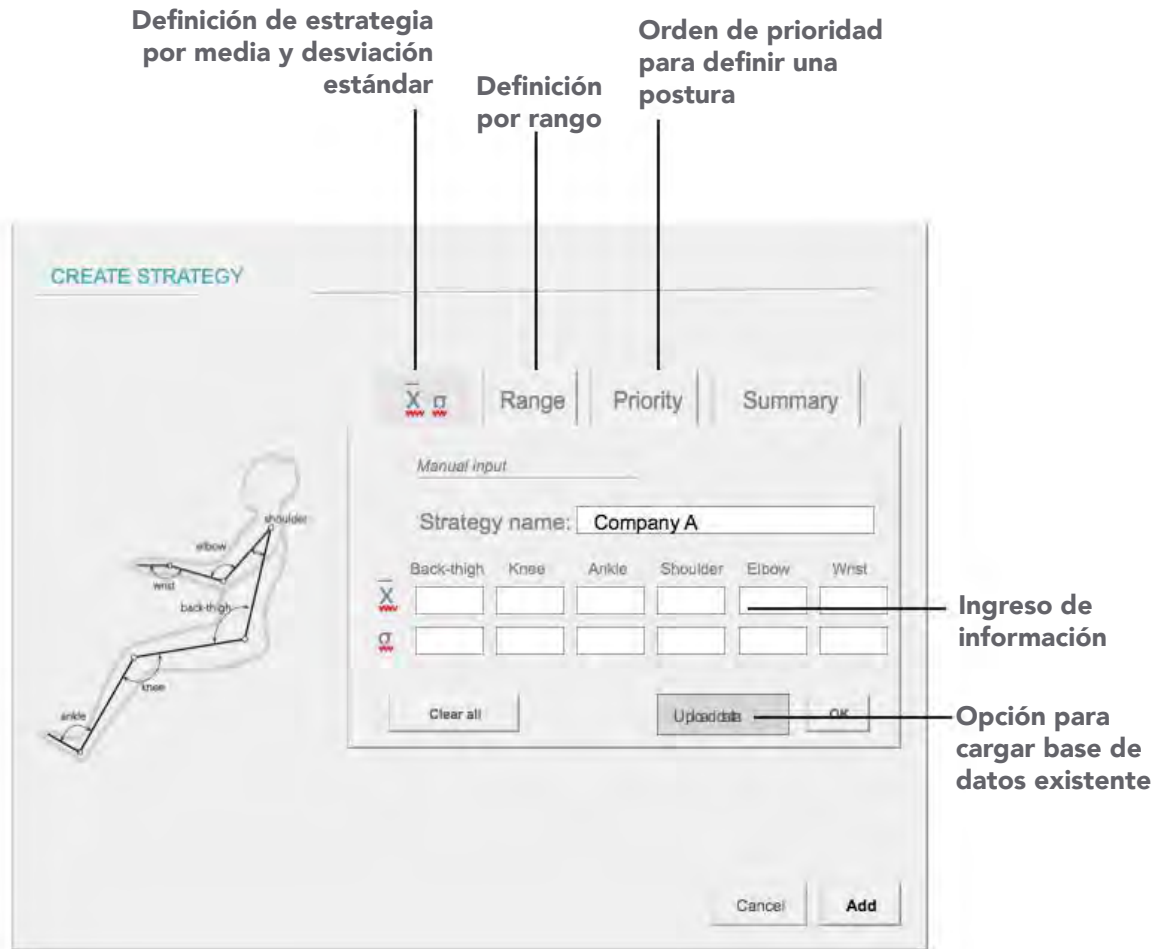


Figura 4.5: (B) Propuesta de menú para personalizar las estrategias ergonómicas del software

Resumen  
de nueva  
estrategía

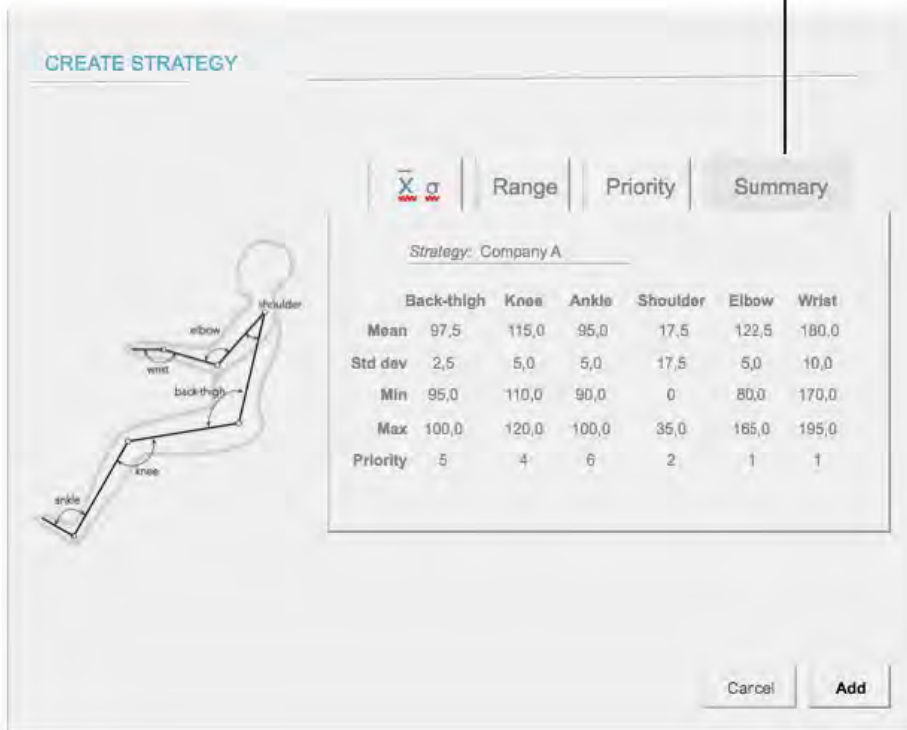


Figura 4.6: (C) Ejemplo de resumen de información ingresada para una nueva estrategia

La interfaz (Figura 4.4) sería la versión sencilla y rápida para la selección de una estrategia de postura. En el caso de creación de una estrategia (Figura 4.5) un segundo menú podría ser usado por un experto para agregar una estrategia ergonómica específica, teniendo la opción de agregar información con la media y desviación estandar de una base de datos o usando rangos para definir la estrategia, de igual forma es posible definir la prioridad de los ángulos del cuerpo que se deberá seguir al emplear dicha estrategia.

Todos los pasos propuestos para el menú de estrategias fueron presentados al grupo de enfoque. Los participantes aprobaron el diseño, dando críticas positivas sobre la disponibilidad de una interfaz sencilla

y la posibilidad de agregar las estrategias si es necesario. También, comentaron sobre mejoras en la interfaz para facilitar al usuario, al tener la posibilidad de seleccionar la estrategia usada para cada lado del maniquí (derecho e izquierdo) o seleccionar la estrategia de forma simétrica.



## 4.2 Comparación

Tabla 4.2: Comparación de ángulos de confort entre estudio de conductores y referencias

		Espalda-Muslo			Rodilla		
		rango mín.	rango máx.	media	rango mín.	rango máx.	media
<b>Referencias literarias</b>	Dreyfuss (2002)	95	100	<b>97.5</b>	110	120	<b>115</b>
	Porter and Gyi (1998)	90	115	<b>102.5</b>	99	138	<b>118.5</b>
	Hanson, Sperling, and Akselsson (2006)	92	109	<b>100.5</b>	109	157	<b>135</b>
	Rebiffe (1969)	95	120	<b>107.5</b>	95	135	<b>115</b>
	Krist (1993)			<b>99</b>			<b>119</b>
<b>Conductores observados</b>	autobuses	93.4	107.6	<b>100.5</b>	84.5	109.6	<b>97.1</b>
	trailers	86.6	102.7	<b>94.7</b>	100.2	119.8	<b>110</b>
	vehículos de construcción	97.7	107.5	<b>102.6</b>	104.2	114.7	<b>109.5</b>
	autos	94.6	102.3	<b>98.5</b>	98.9	125	<b>112</b>

Tobillo			Hombro			Codo			Muñeca		
rango min.	rango máx.	media	rango min.	rango máx.	media	rango min.	rango máx.	media	rango min.	rango máx.	media
90	100	<b>95</b>	0	35	<b>17.5</b>	80	165	<b>122.5</b>			
80	113	<b>96.5</b>	19	75	<b>47</b>	86	164	<b>125</b>			
90	111	<b>100.5</b>	14	68	<b>41</b>	95	160	<b>128</b>	159	216	<b>187.5</b>
90	110	<b>100</b>	10	45	<b>27.5</b>	80	120	<b>100</b>	170	190	<b>180</b>
		<b>103</b>			<b>22</b>			<b>127</b>			
			34.9	59.2	<b>47.2</b>	150.6	158	<b>154.3</b>	153	168.1	<b>160.6</b>
70	105.5	<b>87.7</b>	32.4	68	<b>50.2</b>	155	155.4	<b>144.2</b>	148.5	175.9	<b>162.2</b>
71.3	109	<b>90.2</b>	21.9	41	<b>51.4</b>	151.8	166.6	<b>149.2</b>	107	165.6	<b>136.3</b>
90.4	115	<b>102.7</b>	29.1	58	<b>43.6</b>	114.2	147.2	<b>130.7</b>	159.8	195.2	<b>177.5</b>

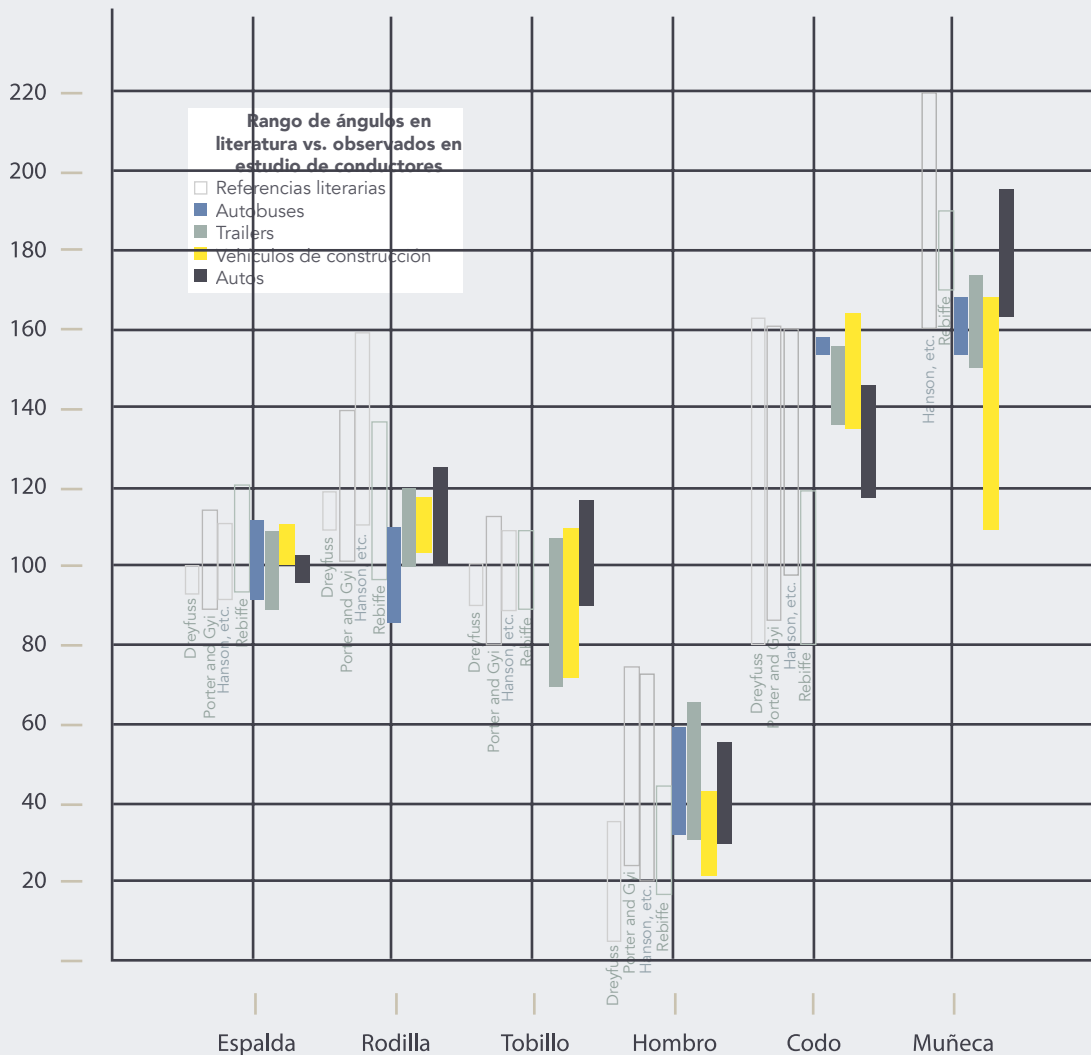


Figura 4.7: Comparación gráfica del rango de ángulos obtenidos en la Tabla 4.2

## 4.2.1 Posturas de referencia vs. posturas observadas

---

La Tabla 4.2 se ha creado utilizando los rangos, que se encontraron en las referencias analizadas, y utilizando la mediana calculada entre los valores mínimo y máximo. Para comparar con los ángulos de estudio del conductor; los valores promedio, mínimo y máximo se utilizaron de la Tabla 4.1 (en la sección 4.1.2 ) de este informe.

De las referencias literarias presentadas en la Tabla 4.2, los rangos de Tilley (2002) son para diferentes vehículos como coches, trailers, autobuses y equipo industrial. El resto de las referencias para los rangos se basan en investigaciones experimentales enfocadas en las las posturas de conductores de automóviles únicamente.

Después del estudio inicial con la industria, se observó que las empresas utilizan trabajos de investigación como parte de su método para verificar la predicción de posturas, ejemplos de este tipo de referencias son: Tilley (2002), Krist (1994), y Reed (2014). Krist (1994) no se usa directamente para verificación de la postura, pero el software ergonómico Ramsis utiliza una postura inicial de sentado basada en los datos presentados por este autor.

Así mismo, Reed (2014) no es usado como referencia textual en las empresas, pero debido a que tiene múltiples investigaciones utilizadas como base para las normas de SAE, sus datos no se utilizan para realizar comparaciones, pero son



tomados en cuenta al definir las normas vehiculares internacionales y sus estudios son mencionados como referencia de los estándares necesarios.

A partir de la Tabla 4.2 se realizó una comparación gráfica (Figura 4.7) de los rangos de ángulos, en donde se puede observar una considerable variación entre los ángulos de algunas posturas seleccionadas. Es por esta discrepancia entre rangos y vehículos que mejor se evaluaron los ángulos de las posturas por separado con una comparación estadística.

A partir de la comparación en la Figura 4.7 entre los rangos de ángulo sugeridos por las referencias literarias y los rangos obtenidos a partir del estudio de conductores, se puede notar que hay una

amplitud de rango mayor en las referencias literarias lo cual afecta en la predicción de posturas digital pues el software tiene mayor opción de posturas, esto dificulta una evaluación certera del nivel de comfort del conductor, ya que las posturas sugeridas están menos delimitadas y tienen un factor de cambio mayor.

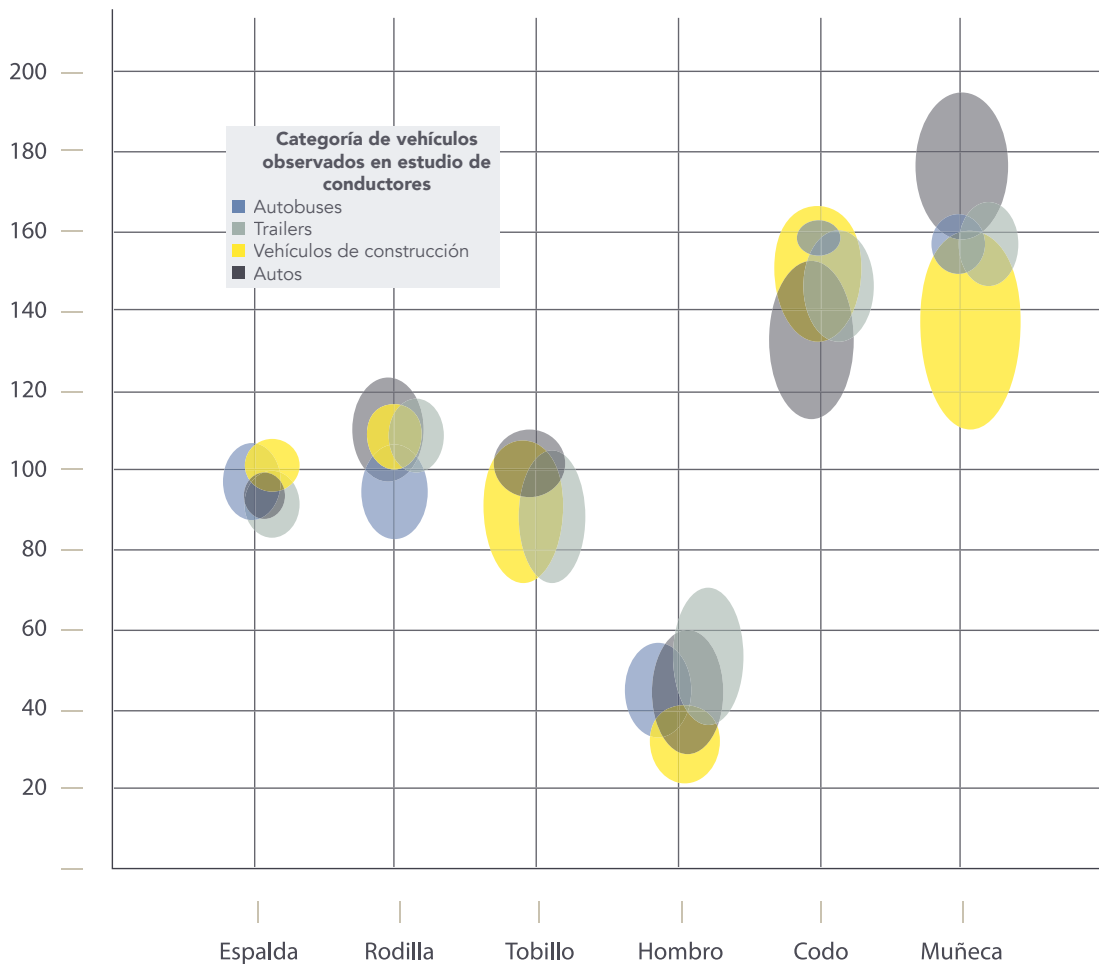


Figura 4.8: Diversidad de rangos de ángulos entre las diferentes categorías de vehículos.

## 4.2.2 Posturas de los diferentes vehículos

---

Se asumió desde el inicio de la investigación que las posturas de sentado para cada tipo de vehículo tendrían que ser tratadas por separado, ya que cada categoría tiene diferentes factores que definen la postura del conductor.

En la Figura 4.8 se puede observar la diversidad de rangos de los ángulos entre las diferentes categorías de vehículos. En particular las discrepancias de rangos entre las categorías de ángulos de hombro, codo y muñeca.

Es importante reconocer que el muestreo de participantes para el estudio de conductores fue pequeño, y que los modelos de vehículos fueron muy variados dentro de las diferentes categorías, lo que posiblemente afecta en gran medida los rangos de algunos ángulos de las posturas. Especialmente con los vehículos de construcción el rango de ángulo de la muñeca es mucho mayor que el de cualquier otra categoría de vehículos ya que los modelos observados en el estudio eran completamente diferentes (por ejemplo: algunos se manipulaban con palancas o joysticks en vez de volantes) lo cual afecta en la postura adquirida por los conductores.

## 4.3 Aplicación del software IMMA

---

Ya que la investigación está dirigida a las evaluaciones ergonómicas con software DHM (ergonómico), se requirió del uso de software para probar y visualizar la postura ideal calculada para los conductores. Por lo tanto, el software IMMA fue utilizado ya que este se encontraba en la etapa

de desarrollo lo cual permitía tener modificaciones en las herramientas o interfaces según fuera necesario. Es por esto que en este capítulo se presentan algunas sugerencias de como los menús o interfaces debieran ser utilizados en el software.

### 4.3.1 Demostración de posturas con el software

---

A partir del estudio de conductores, los valores promedio obtenidos para cada uno de los ángulos de las diferentes categorías de vehículos, fueron utilizados como los valores ideales. Usando en software IMMA, como se muestra en la Figura 4.9, se crearon simulaciones para visualizar la postura ideal con cada tipo de vehículo.

Cada categoría de vehículo tiene características específicas que definen la postura del conductor. Se puede observar que los asientos de cada categoría se colocan a diferentes alturas, lo cual no solo afecta a los ángulos de postura de las piernas. También, la altura afecta la visibilidad, ya que el camino será visto desde ángulos diferentes; lo cual afectará

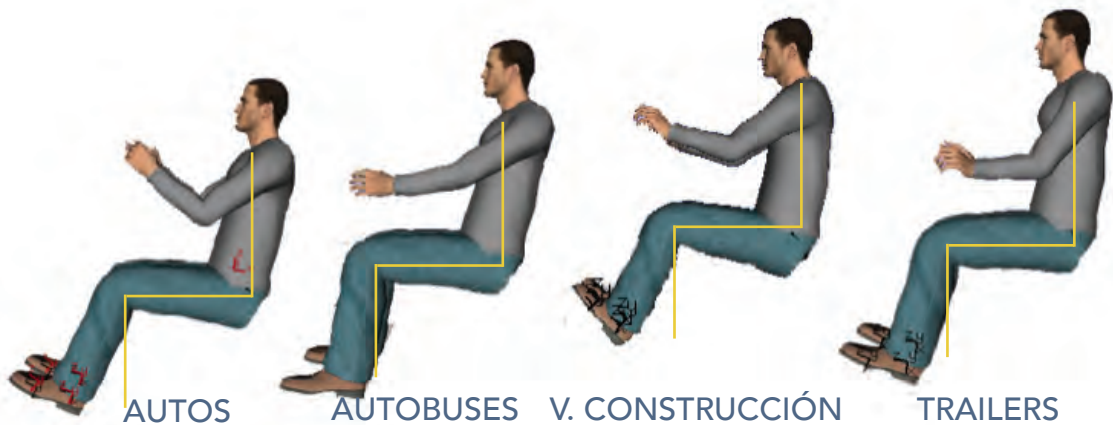


Figura 4.9: Simulación de posturas con el software IMMA, para los diferentes vehículos

el cuello que tendrá que ajustarse para lograr una mejor visibilidad y por lo tanto, la postura en el asiento también deberá ser reajustada para asegurar una posición de comodidad.

La Figura 4.10 muestra un ejemplo de las alturas de los asientos en cabinas de las diferentes categorías de vehículos;

se puede observar que los ángulos de visibilidad serán diferentes entre los vehículos. Por lo tanto, para calcular la posición el software debería tener en cuenta el tipo de vehículo a evaluar, para proporcionar un ángulo de visión que influirá en la posición del asiento y por tanto en la postura del conductor.

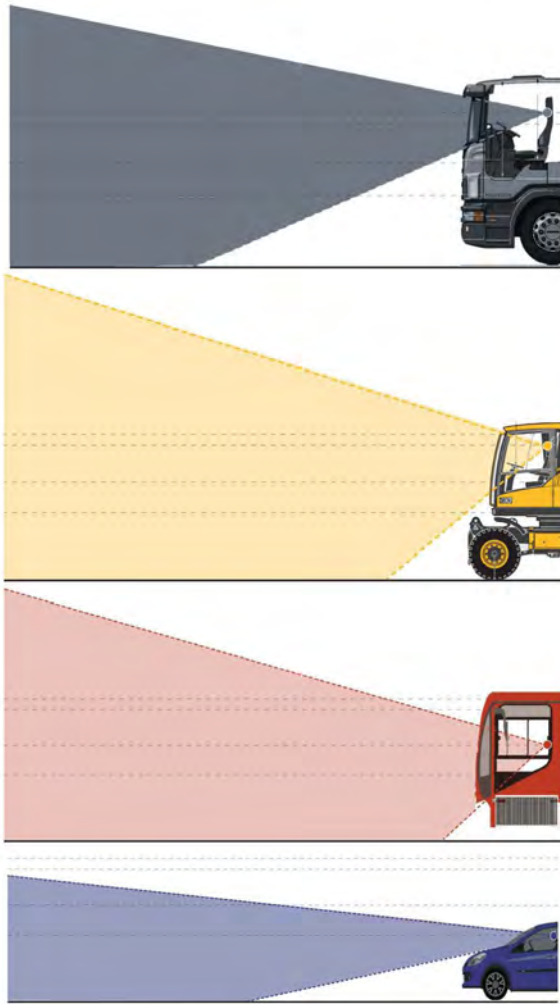


Figura 4.10: Ejemplo de ángulos de visibilidad según el tipo de vehículo

## 4.3.2 Comentarios y sugerencias para el software

---

Después de la evaluación comparativa del software y el estudio de observación con las empresas; definir las necesidades de la industria fue claro, especialmente los requisitos del software. Para los fines de esta investigación, las recomendaciones del software se centrarán en las herramientas de IMMA empleadas para la predicción de posturas de sentado. Debido a que, el software es bastante complejo, se decidió que los aspectos mencionados fueran analizados globalmente para mejorar la experiencia del usuario cuando se utilizan

las herramientas de predicción de postura del software.

Las sugerencias se presentarán como aspectos separados, definidos a continuación:

- Entrada de datos del usuario para la configuración/definición de la maniquí.
- Interfaz de selección de estrategias para la predicción ergonómica.
- Presentación de los resultados finales al usuario.

### Entrada de datos del usuario para la configuración/definición del maniquí

Las principales preocupaciones de la industria cuando se hace una evaluación virtual son: la precisión de los resultados y la eficacia de la repetición. El software deberá generar evaluaciones precisas cuando se presenten los datos adecuados

por el usuario, por lo tanto, la importancia de mejorar la comprensión del usuario al manejar el software y adecuar al maniquí. Se sugiere ayudar a los usuarios al iniciar una evaluación, reduciendo el número de pasos para la configuración de un maniquí.

Esto podría ser hecho al “adivinar” lo que el usuario está tratando de evaluar, por medio de la presentación de instrucciones para el ingreso de datos y guiar paso a paso al usuario.

Como parte de la orientación, el software podría sugerir el tipo de vehículo que el usuario está tratando de evaluar y cual es la estrategia ergonomica ideal para el

tipo de vehículo. Esto puede hacerse con un mínimo de datos del usuario como: definir el piso del vehículo, el ángulo de inclinación de la espalda, y definir el rango de visibilidad. Una vez ingresados los datos el software podría sugerir el tipo de vehículo base y dar opciones de estrategias que puedan utilizarse.

### Interfaz de selección de estrategia para la predicción ergonómica

Una parte importante de la predicción de postura es definir el tipo de estrategia que el maniquí debe seguir para proporcionar una adecuada postura de un asiento específico.

Algunos de los ejemplos de software observados generan evaluaciones con modelos ergonómicos base, por lo tanto, se sugiere que se establezca una interfaz sencilla para seleccionar estrategias ergonómicas predeterminadas, o tener

la opción para usuarios expertos para personalizar sus propias estrategias. Esto fue presentado al grupo del estudio de enfoque y hubo una respuesta positiva.

La interfaz de estrategias sugerida (Figura 4.4 ) seria la version simple a partir de la cual una nueva estrategia nueva pueda generarse.

Un segundo menú podría ser útil a usuarios expertos para definir una nueva estrategia;



esto podría ser cargado si se encuentra en una base de datos ya existente o puede ser escrito en el momento. En la Figura 4.5 se muestra el menú de edición, éste se presenta también con una interfaz sencilla dividida en pestañas para que el usuario pueda editar solamente lo que se requiere y no se vea abrumado por todos los datos, en caso de que solo tenga algunos de los datos requeridos.

Con la información anterior, el software podría evaluar el tipo de datos introducidos y calcular los rangos o completar los campos que se dejaron vacíos. La sugerencia es para que el usuario introduzca el valor medio ( $\bar{x}$ ) de ángulos específicos para el cuerpo y la desviación estándar ( $\sigma$ ) con los cuales el software puede calcular los rangos para cada

ángulo.

Un resumen (Figura 4.6) de la nueva/editada estrategia está disponible en el lugar donde todos los datos se presentan antes de que la estrategia se guarde. Así mismo, todas las estrategias creadas, se mostrarán en el menú principal de estrategias y serán almacenadas por el programa para futuras referencias. De esta forma, las compañías pueden hacer sus propios modelos para sus diferentes vehículos.

## Presentación de los resultados finales al usuario

Las evaluaciones ergonómicas requeridas en la industria, por su parte, varían en cada caso, pero se observó que algunas de las evaluaciones con software ergonómico son únicamente visuales. Por lo tanto, y a fin de simplificarle al usuario la realización de una evaluación, se sugiere que el software muestre gráficamente los resultados obtenidos, esto con el fin de facilitar la toma de decisiones durante el proceso de diseño al brindar al usuario del software datos más claros.

Se entiende que las evaluaciones ergonómicas realizadas en la industria son generalmente en respuesta a las necesidades de diferentes departamentos en las empresas, los cuales pueden no tener conocimientos de ergonomía. Por lo tanto, el software debe proporcionar

resultados gráficos comparativos sencillos de las evaluaciones realizadas. Con los cuales los expertos puedan mostrar a los integrantes de cualquier departamento en la empresa los fundamentos para tomar decisiones de diseño.

Sugerencia para mostrar resultados ergonómicos:

- Dentro de la herramienta de predicción de postura del software, se sugiere presentar el resultado de una evaluación por medio de índices de comodidad, comparando cada ángulo de la postura por separado entre cada maniquí estudiado por el software.

La comparación de evaluaciones puede ser entre cada lado del maniquí (cuando son posturas asimétricas), con tamaños

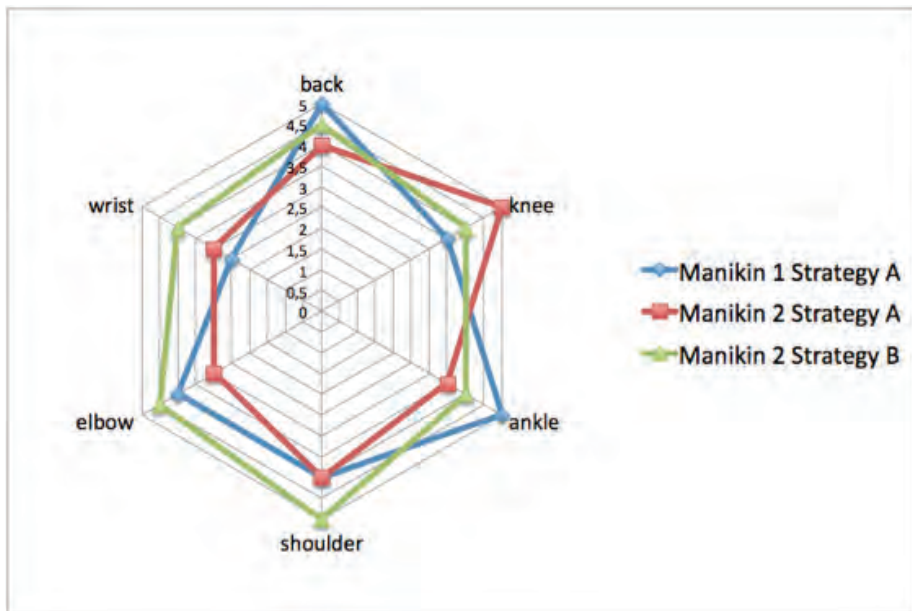


Figura 4.11: Ejemplo de resultado comparativo con IMMA para una evaluación ergonómica.

diferentes de maniqués, o mediante la aplicación de una estrategia diferente al mismo maniquí.

Un ejemplo de la muestra de resultados sugerida para la herramienta de predicción de posturas se muestra en la figura 4.11. Para el ejemplo se realizaron evaluaciones ergonómicas con dos maniqués diferentes para comparar el uso de dos estrategias (Strategy A vs. Strategy B). Los índices de comodidad fueron tomados de estudios previos donde se evalúa 5 como el nivel óptimo de comodidad.

# 5 DISCUSIÓN

## 5.1 Definición del problema

---

La definición del problema al inicio del proyecto era demasiado general y había que definir mejor la problemática, por lo que, el objetivo del proyecto era simple y se basaba solamente en la evaluación de la predicción de posturas. Fue a lo largo del proyecto que se tuvieron que realizar modificaciones a las metas y objetivos ya que nueva información fue adquirida durante la investigación que ayudó a redefinir el proyecto.

Considerando que al principio del proyecto el tema a investigar era completamente nuevo, era difícil definir desde un inicio ya que algunos de los conceptos eran demasiado abstractos para entender.

Aunque el proyecto fue desarrollado adecuadamente para los fines y objetivos fijados se observó a lo largo

de la investigación la amplitud del tema. Hablando específicamente de la predicción de posturas es difícil de definir, ya que hay muchos factores que afectan las posturas de los conductores en la vida real y no todos pueden ser considerados con las capacidades actuales de los software; pero es conveniente comprender las necesidades para futuros desarrollos y conocer las limitantes actuales.

Tenía que haber una modificación en el alcance de este proyecto ya que originalmente estaba destinado a cubrir una comparación entre la seguridad y la ergonomía de posturas, pero debido a la información limitada que se encuentra en las normas de seguridad y limitación de tiempo para el proyecto esa parte del proyecto no fue incluida.

## 5.2 Análisis de referencias

El análisis de referencias, se convirtió en una parte central de la investigación; no sólo para poder realizar las comparaciones, porque el tema era totalmente desconocido en un inicio. Este análisis tomó más tiempo de lo esperado, pues algunos textos eran demasiado especializados y difíciles de entender sin una investigación previa.

Además, una vez que la investigación se había iniciado muchos estudios se encontraron con información relevante, lo cual llevó mucho tiempo para leer y clasificar la importancia de cada referencia para el desarrollo de este informe.

Una de las desventajas de la investigación fue que no se encontraron documentos

científicos para todos los tipos de vehículos, pero debido a que la industria de autos es muy grande y con mucha competencia en el mercado hay mucha más información disponible. Por el contrario, la información para los otros tipos de vehículos es especializada y los documentos no están disponibles para todo público, debido a que requieren cualificaciones específicas para ser conducidos, no muchos informes científicos se encontraron públicamente. A pesar de que esta información existe, es propiedad de las empresas y no está disponible, ya que los experimentos son realizados por las empresas y en algunos casos son características que definen a las marcas.

## 5.3 Estructura de la metodología

---

Al comienzo del proyecto, fue difícil seleccionar un método para estructurar la investigación, dado que el tema era ambiguo y no todo estaba bien definido ya que el análisis de referencias no había comenzado todavía. En ese momento la estructura que se había seleccionado para abordar el proyecto, se dividía entre el estudio de la literatura, una fase de entrevistas, una recopilación de datos y una sección de presentación de resultados. Sin embargo, durante la ejecución del proyecto se hicieron modificaciones a la metodología ya que era bastante amplio el tema, dejó la posibilidad de hacer ajustes sin cambiar la estructura de base.

Por lo tanto, se creó un buen método de trabajo para abordar la investigación, a pesar de que se llevaron a cabo algunas modificaciones, ya que la metodología se utilizó durante el proyecto más como un ciclo que como una metodología lineal, porque el proyecto requería de una investigación continua para obtener más información y analizarla logrando un fundamento más completo al reporte. Por lo tanto, la recopilación de datos fue constante durante todo el proyecto, así como el análisis y la evaluación ya que toda la información que se comparó constantemente, desde los estudios de observación con la industria hasta el estudio de los conductores con el uso del software IMMA.



## 5.4 Resultados

### 5.4.1 Información recabada

---

Debido a que la observación de la industria no estaba estructurada y fue planeada como un estudio más que como una entrevista, no había expectativas de cómo cada compañía iba a presentar su información, ya que ellos presentaron lo que consideraban sus prioridades. Para asegurar que la temática en cada empresa fuera similar, se creó una guía de preguntas que se envió a las empresas previamente. Este tipo de estudio/observación fue adecuado para el proyecto, el único conflicto fue establecer las fechas, ya que las personas en las empresas tenían agendas muy complicadas, debido a que se requería a más de un experto presente fue difícil y tardado acordar fechas. Por lo tanto esta etapa que se consideraba al comienzo del proyecto, se dispersó a lo

largo del desarrollo de la investigación. Esta situación afectó el resultado global del proyecto, porque la estructura y metodologías se vieron afectadas y hubo que reorganizar el proyecto para cubrir los objetivos. Las entrevistas pretendían dar un preambulo de las necesidades de la industria al inicio del proyecto, se convirtieron en una confirmación de los requisitos que se mencionaban en otras fuentes.

El estudio de los conductores, fue la parte más interesante de esta investigación, ya que brindó la posibilidad de conocer a diferentes conductores y comprender sus necesidades como usuarios de los diferentes tipos de vehículos. Se pretendía tener un muestreo más homogéneo para

el estudio, pero debido a la limitación de encontrar mujeres pilotos (sólo hay 3 mujeres en el estudio y todas pilotos de automoviles solamente). También, encontrar conductores para todas las diferentes categorías de los vehículos fue complicado, no solo para localizar, sino también para que participaran en la investigación. Porque todos los vehículos, excepto en el caso de los autos, son vehículos de trabajo y los conductores se encontraban en sus tiempos de trabajo por lo que no podían participar y en la mayoría de los casos tenían que regresar los vehículos al finalizar la jornada de trabajo. Por lo tanto, fue necesario contactar directamente a las empresas para que permitieran a los conductores participar en el estudio.

Debido a las limitaciones de disponibilidad y tiempo el estudio tuvo que realizarse con un muestreo pequeño de cada tipo de vehículo y con diferentes modelos de cada categoría. Idealmente el estudio debería haberse realizado con un muestreo mayor de conductores para cada modelo de vehículos, para tener un análisis más preciso.

El grupo de enfoque, al igual que las observaciones con la industria, se retrasó debido a la disponibilidad de tiempo de los expertos. Por lo tanto, solo se realizó un grupo de enfoque; ya que no fue posible organizarlo con todas las empresas participantes. A pesar de la demora para realizar el focus group, el resultado fue positivo ya que debido a la tardanza

fue posible presentar las sugerencias de modificación para la interfaz del software IMMA a los expertos y que criticaran la funcionalidad de las sugerencias. Por lo tanto, si hubiera habido más tiempo, el grupo de enfoque se hubiera realizado con los expertos de las diferentes empresas a la vez, presentando las sugerencias del software y permitiendo que todos participaran dando sus opiniones. Un resultado interesante de las actividades organizadas para el grupo de enfoque es que el resultado no fue sólo valioso para nosotros, sino también para los participantes, ya que fueron capaces de analizar los procedimientos que realizan desde un punto de vista diferente.

Para la segunda actividad del grupo de enfoque, no hubo suficiente tiempo durante la reunión, por lo tanto se tuvo que reducir la actividad con respecto al plan original. Inicialmente se había planteado la actividad para definir el input ideal para una valoración ergonómica y una vez definidos por cada uno de los participantes tendrían que pasar sus instrucciones a los demás participantes para evaluar cada propuesta por separado. Esto, habría dado resultados interesantes ya que los participantes no escucharían los comentarios de los demás antes de dar sus propios comentarios y por lo tanto, no estarían influenciadas sus respuestas.

## 5.4.2 Comparación

---

Como se mencionó anteriormente en el capítulo 4.2 (comparación) de este informe, no se encontró suficiente información en los datos de la literatura que tuvieran todos los ángulos de una postura, para todos los diferentes tipos de vehículos. Por lo tanto, la comparación entre la literatura y datos observados tiene algunas limitaciones, y si esto fuera modificado entonces el resultado probablemente sería diferente. Además, el tamaño del muestreo del estudio con conductores fue pequeño y también afecta en los resultados de las comparaciones.

Sin embargo, fue un buen estudio inicial para identificar todos los factores que se deben considerar por los desarrolladores de software. Así como

proveer a la industria con una amplia gama de posibilidades para la predicción de posturas y posiblemente reevaluar la validez de sus referencias actuales al diseñar cualquier elemento de la cabina que se relacione con el la postura de sentado del usuario.

Los gráficos presentados en la comparación de éste informe son importantes ya que se puede demostrar que los rangos propuestos por cada autor varían en algunos ángulos de postura más que en otros, con referencia a los ángulos de postura observados en el estudio de conductores. A partir de las observaciones realizadas en el estudio de conductores se puede aclarar la variación de los ángulos, debido a que los conductores modifican

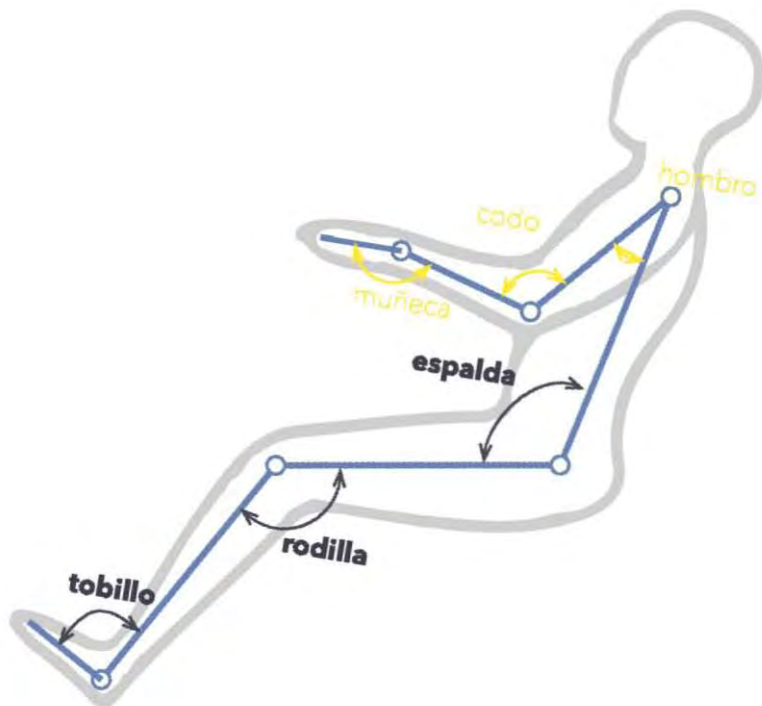


Figura 5.1: Ángulos para definir la postura de sentado, prioridad en ángulos inferiores.

sus posturas constantemente en función de las necesidades de la tarea que están realizando. Por lo tanto, se puede señalar que en general, los ángulos de postura con rangos más amplios es el de ángulos que pertenecen a la parte superior del cuerpo.

Esta última aceveración, influye en la selección de estrategias empleadas en el software, puesto que la prioridad de mantener el ángulo ideal no será la misma para todos los ángulos del cuerpo. Por lo tanto, los ángulos que definen la postura de sentado serán los de: la espalda, rodilla y tobillo (mostrados en la Figura 5.1). Dándoles una mayor prioridad en el software, para mantener dichos ángulos lo más parecido a los ideales, pues éstos

definirán la postura adquirida, ya que la parte superior del cuerpo es la más afectada por el tipo de tareas a realizar y las preferencias personales del conductor.



## 5.4.3 Software

---

Las recomendaciones del software se basan en la observación del uso actual de IMMA y las necesidades mencionadas por la industria, así como aportaciones personales para facilitar la comunicación entre el usuario y el software. En un principio, no estaba planeado realizar sugerencias para el software, pues sólo se consideraba contribuir con la predicción de posturas, pero para poder entender lo que los usuarios debían hacer con el software fue necesario conocer el funcionamiento básico del software IMMA para tener un punto de vista como usuario principiante. Ya que el software IMMA está en desarrollo las necesidades personales que se requirieron durante el proyecto fueron incluidos en las versiones muestra del programa, lo que brindó la oportunidad de evaluar algunas interfaces y procedimientos

con el fin de dar retroalimentación y dar recomendaciones para futuras versiones del software.

La forma en la que la interfaz recomendada fue presentada a los expertos podría beneficiar a los desarrolladores de software para estudios futuros en los que pretendan implementar cambios, porque antes de que el programa se modifique es posible que los usuarios tengan críticas que ayuden a plantear y estructurar los cambios para organizar el código de programación; en lugar, de hacer prueba y error de cada interfaz y menú de herramientas, podría ser una buena manera de obtener una retroalimentación inicial y agilizar el proceso de actualización del software.





6

RECOMENDACIONES  
PARA INVESTIGACIONES  
FUTURAS

A pesar de que está demostrado en esta investigación que hay muchos recursos que brindan estudios ergonómicos para la predicción de posturas. Todavía pertenecen a un área subdesarrollada que podría beneficiarse de futuras investigaciones.

Una investigación que podría ser interesante para iniciar, sería con un muestreo más grande de pilotos y las posturas que seleccionan; este estudio de posturas también podría beneficiar a las empresas a evaluar cómo cambian las posturas de los conductores de sus ideales propuestos a las situaciones reales de conducción. Este tipo de estudio podría apoyarse de la tecnología actual de GPS y sensores en los equipos móviles, ampliando las bases de datos al recibir

información anónima desde aplicaciones en los celulares que monitoreen las posturas de los conductores en uso cotidiano.

Una pregunta que se quedó sin respuesta y estaba prevista inicialmente para este informe es la relación entre las posturas ergonómicas y las de seguridad. ¿Cuánto pueden influir entre ellas y si las consideraciones ideales de seguridad se aplican en escenarios reales de conducción de los diferentes tipos de vehículos?

Otro campo interesante a desarrollar es un estudio centrado en poblaciones extremas en su selección de posturas. Teniendo en cuenta que los vehículos serán usados en una amplia variedad de países con diferentes tamaños de población, con diferentes prioridades y necesidades.

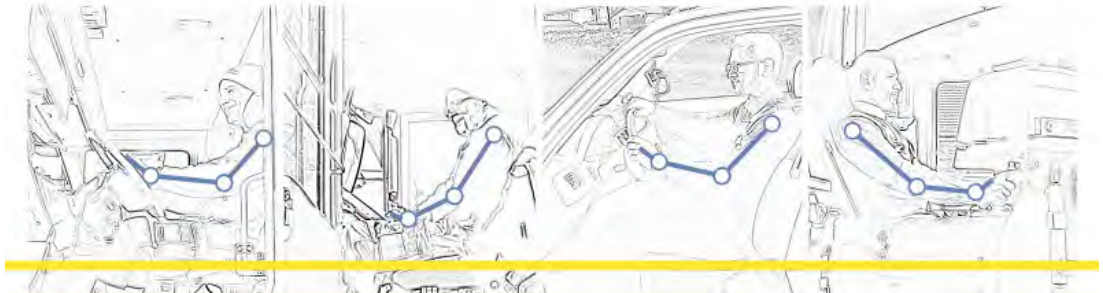
# 7 CONCLUSIÓN

Este capítulo contiene una conclusión para este reporte, comparando las metas y objetivos iniciales a los resultados obtenidos

Se puede concluir que los objetivos específicos para este reporte, definidos en la sección 1.2, fueron abarcados durante el desarrollo del proyecto, y todos están presentados en el contenido de este documento. Por lo tanto, el propósito del proyecto fue logrado exitosamente, proporcionando un resultado para cada objetivo planteado. Sin embargo, después de las observaciones, se puede concluir, que una postura ideal para todos los tipos de vehículos no fue hallada.

Se observó, durante el estudio con los conductores, que modificaciones en el asiento y el volante afectan directamente la postura de los conductores. También, los conductores tienen diferentes tareas que realizar las cuales tienen una influencia

en las posturas elegidas, cada categoría de vehículos tiene requerimientos específicos para los conductores, por lo tanto una variedad de posturas predeterminadas fueron sugeridas para el software IMMA, por lo menos cuatro, una para cada categoría de vehículo estudiada en este reporte (autobuses, trailers, vehículos de construcción y autos). Ya que las empresas solamente usan las posturas predeterminadas para colocar el maniquí virtual del software, dichas posturas permiten a los usuarios del software seleccionar el tipo de estrategia ergonómica dependiendo de las necesidades específicas para la evaluación requerida y el tipo de vehículo a evaluar. A partir de las comparaciones realizadas en este documento, se puede observar



*Figura 7.1: (Tomada de capítulo 4.2.1) Ejemplo de comparación de ángulos para los diferentes vehículos*

que los rangos para el ángulo de postura de espalda-muslo no tienen una diferencia significativa entre los valores presentados en las referencias y los valores a partir de observaciones. Por otro lado, algunos ángulos como el del codo o la muñeca tienen una mayor variación entre rangos como se muestra en la Figura 7.1; por lo tanto se tuvieron que hacer ajustes para asegurar una evaluación adecuada,

considerando los estándares de seguridad, el tipo de vehículo y las tareas a realizar. La figura mostrada en la sección 4.3.1 de este documento, presenta la sugerencia de posturas predeterminadas para cada tipo de vehículo, basándose en los cálculos realizados a partir del estudio de conductores con algunos ajustes basados en las referencias analizadas. A lo largo del desarrollo de la investigación

se presentaron algunos contratiempos que no permitieron que se llevara a cabo el desarrollo planeado. La limitante principal durante la investigación fue en el periodo de recopilación de información ya que organizar las entrevistas y estudios con las empresas y los conductores no fue tarea sencilla pues las agendas de todos eran difíciles de ajustar además de que era necesario trasladarse a las diferentes ciudades en donde se encontraban los grupos de expertos.

De igual forma, el estudio de conductores se planeó con un mayor número de sujetos pero debido al tiempo y a la comunicación con las empresas transportistas fue limitada la cantidad de sujetos y por lo tanto los resultados tuvieron que ser utilizados como una muestra que probara la diferencia

entre las posturas reales y las expectativas en las empresas.

En cuanto a las referencias empleadas fue difícil conseguir datos relevantes para todos los tipos de vehículos ya que muchas investigaciones son exclusivas para las empresas y no es posible acceder a ellas para realizar una comparación con mayores fundamentos.

Por otro lado, debido a que hubo una retroalimentación constante entre los desarrolladores del software IMMA y este proyecto, se pudieron realizar algunas recomendaciones para mejorar el software, esto alteró la planeación original del desarrollo de la investigación ya que se tuvieron que tomar nuevas consideraciones y adaptar la estructura del reporte.

Algunas de las modificaciones sugeridas: la interfaz para el menú de estrategias que permite al usuario personalizarlo, la simplificación de información requerida al usuario por el software cuando se coloca un nuevo maniquí, y una presentación de resultados con gráficas de las evaluaciones realizadas.

Tras plantear las sugerencias a los desarrolladores del software algunas de estas serán implementadas en las futuras versiones de IMMA.

Cómo conclusión personal, me parece interesante el potencial que tiene éste tipo de investigaciones teóricas, pues en muchos casos son realizadas por otros departamentos en las industrias y no necesariamente se relacionan con la

conceptualización de productos, lo cual pude observar también en las empresas es que los resultados de investigaciones tardan mucho tiempo en verse aplicados a los productos.

Por otro lado, considero que el uso y desarrollo de software en ergonomía también tiene un gran potencial para los departamentos de diseño y producción pues se pueden ahorrar tiempo y dinero al comprobar las interacciones que puede tener usuario con el producto o servicio final. Y con esto también preevenir riesgos de seguridad sin afectar a los usuarios. Este tipo de software esta en desarrollo y existen muchas variantes en el mercado pero hace falta una relación más estrecha y plataformas más sencillas para la aplicacion a productos y evaluaciones rápidas.



# REFERENCIAS

- Andersson, G. (1999). Epidemiological features of chronic low-back pain. *The Lancet*, 354(9178), pp.581-585.
- Andersson, G., Örtengren, R., Nachemson, A., and Elfström, G. (1974). Lumbar disc pressure and myoelectric back muscle activity during sitting. IV. Studies on a car driver's seat In: *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine* 6(3): 104-114.
- Bhise, V. (2012). *Ergonomics in the automotive design process*. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Chaffin, D. (2001). *Digital human modeling for vehicle and workplace design*. Warrendale, Pa.: Society of Automotive Engineers.
- Chaffin, D. (2007). Human motion simulation for vehicle and workplace design. *Hum. Factors Man.*, 17(5), pp.475-484.
- Cross, N. (2000). *Engineering design methods*. Chichester: Wiley.
- Duffy, V. (2009). *Handbook of digital human modeling*. Boca Raton: CRC Press.
- Ebe, K. and Griffin, M.J. (2001). Factors affecting static seat comfort. *Ergonomics*. 44(10); 901-921.
- Gkikas, N. (2013). *Automotive ergonomics*. Boca Raton: CRC Press.
- Hanson, L., Sperling, L. and Akselsson, R. (2006). Preferred car driving posture using 3-D information. *International Journal of Vehicle Design*, 42(1/2), p.154.
- Intelligently Moving Manikin - IMMA. (2015). Gothenburg, Sweden: Fraunhofer- Chalmers Centre.
- Jack Manual. (2013). Siemens.
- Krist, R. (1994). *Modellierung des Sitzkomforts: Eine experimentelle Studie, (Modeling Sit*

Comfort: An experimental study). Katholischen Universitat Eichstätt, Germany Doctoral thesis (in german).

Kullberg, L. (2014). Analysis and evaluation of the ergonomics simulation software IMMA. Master. Högskolan i Halmstad.

Kyung, G., Nussbaum, M. A., & Babski-Reeves, K. (2008). Driver sitting comfort and discomfort (part I): Use of subjective ratings in discriminating car seats and correspondence among ratings. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 38(5), 516-525.

Lejon, N. and Thorsén, H. (2013). Exploring Drivers' Seated Position. Method Development within Automotive Ergonomics. Master. Chalmers University of Technology.

Porter, J. and Gyi, D. (1998). Exploring the optimum posture for driver comfort. *Int. J. Vehicle Design*, 19(3), pp.255-266.

Reed, M. (2014). Vehicle Driver and Passenger Ergonomics Research. [online] Mathew P. Reed and The University of Michigan. Available at: [http://mreed.umtri.umich.edu/mreed/research\\_ergonomics.html](http://mreed.umtri.umich.edu/mreed/research_ergonomics.html) [Accessed 10 Feb. 2015].

Schmidt, S., Amereller, M., Franz, M., Kaiser, R., and Schwritz, A. (2014). A literature review on optimum and preferred joint angles in automotive sitting posture. *Applied ergonomics*, 45(2), 247-260.

Tilley, A and Henry Dreyfuss Associates (2002). The measure of man and woman. New York: Wiley.

## IMAGENES:

University of California, (2014). 3D CAD sample of reach envelopes.. [image]  
Available at: [http://ergo.berkeley.edu/images/research/reach\\_envelopes.jpg](http://ergo.berkeley.edu/images/research/reach_envelopes.jpg) [Accessed 20 May 2015].

Siemens, (2010). Jack Medical sample. [image] Available at:  
[http://blog.industrysoftware.automation.siemens.com/files/2010/12/Jack\\_Medical\\_1.jpg](http://blog.industrysoftware.automation.siemens.com/files/2010/12/Jack_Medical_1.jpg)  
[Accessed 20 May 2015].

FCC, Faunhofer-Chalmers Centre (2014). Manikins in Production Line IMMA  
software screenshot. [image] Available at: [http://www.fcc.chalmers.se/mediadir/2014/06/ergonomics-imma\\_screenshot2-1300x699.jpg](http://www.fcc.chalmers.se/mediadir/2014/06/ergonomics-imma_screenshot2-1300x699.jpg) [Accessed 15 Apr. 2015].

# APÉNDICES

## Appendix A

Questions sent to the companies for the observation study.

As part of the research an Observation Study is requested to the experts users of ergonomic software in the company. The purpose of the study is to understand the process and importance of an ergonomic evaluation in the vehicle industry. The following questions are a guide of topics we would like to address but other relevant information will be appreciated.

1. Which software is used in the company for ergonomic evaluations? How long has the software been in use?
2. How are the driver postures defined, is it only with the posture prediction toolkit of the software or are there more evaluations? If any, which ones?
3. Are the same techniques used to evaluate the seating posture or all the vehicles?
4. Are the ergonomic evaluations done for the entire body or is it done by parts depending on the needs?
5. Are the same ergonomic experts making all the evaluations of a specific part or are some only working with prototypes and others with software?

6. Which measurements are the evaluations based on? Any reference literature is used or just the software?
7. How is the manikin placed in the virtual scenario and how is it evaluated?
8. What is the step by step process to use the software for an ergonomic evaluation?
9. What is expected from the software as a result of the evaluation? What is needed to present the results, a visual result or printed charts?
10. With how many manikins are the evaluations made?
11. Do you use different size populations for the assessments or is it a general overview?
12. If there are different size evaluations how are they selected?
13. What are the existing limitation of the software? Which other types of postures would be good to evaluate but is not possible?

## Appendix B

### Survey for Driver Study.

#### Research Project

Detta är ett examensarbete för Högskolan i Skövde, som görs av designingenjörer. Det är ett forskningsprojekt tillsammans med Scania och Volvo, för att studera förarens komfort och säkerhet i olika fordon.

Jag skulle verkligen uppskatta om ni kunde hjälpa mig med några frågor och om jag kunde ta bilder av era fordon.

\* Bilderna och informationen kommer att vara anonymt i forskningsprojektet.

This is a final degree project for Högskolan i Skövde, as Design Engineers. It is a research project along with Scania and Volvo, to study the driver's comfort and safety in different vehicles.

I would really appreciate if you could help me with some questions and if I could take photos of in your vehicles.

\* The photos and information provided will be anonymous in the research project.



Survey:

Female [ ]            Male [ ]

Age : \_\_\_\_\_

Height: \_\_\_\_\_

Driving hours per shift: \_\_\_\_\_

Hur länge har du varit lastbilschaufför /How long have you been a driver? :

\_\_\_\_\_

Vilken typ av fordon kör du: T. ex. "Vanligt släp" ,kranbil, tankbil, timmerbil / Type of vehicle you drive?

\_\_\_\_\_

Märke av fordon / Brand of vehicle : \_\_\_\_\_

årsmodell / Year model: \_\_\_\_\_

Andra arbetsuppgifter fordonet används till förutom det tilltänkta / Other tasks done with the vehicle?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Comments:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

