

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

**Ergonomía en el ámbito artístico: análisis de los factores de
riesgo en la postura corporal de los pianistas**
Proyecto de Investigación

Carlos Alberto Castillo Estrella

Ingeniería Industrial

Trabajo de titulación presentado como requisito
para la obtención del título de
Ingeniero Industrial

Quito, 18 de diciembre de 2015

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ
COLEGIO DE CIENCIAS E INGENIERÍAS

HOJA DE CALIFICACIÓN
DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Ergonomía en el ámbito artístico: análisis de los factores de riesgo en la postura corporal
de los pianistas

Carlos Alberto Castillo Estrella

Calificación:

Nombre del profesor, Título académico

Cristina Camacho, Msc.

Firma del profesor

Quito, 18 de diciembre de 2015

Derechos de Autor

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante: _____

Nombres y apellidos: Carlos Alberto Castillo Estrella

Código: 00103508

Cédula de Identidad: 1720389798

Lugar y fecha: Quito, diciembre de 2015

Ergonomía en el ámbito artístico: análisis de los factores de riesgo en la postura corporal de los pianistas

Carlos Alberto Castillo*, Cristina Camacho

Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad San Francisco de Quito

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido 15 de Diciembre de 2015

Recibido y Revisado 18 de Diciembre de 2015

Palabras Clave:

Lesiones músculo-esqueléticas

RULA

Factores de riesgo

Ergonomía

Pianistas

ABSTRACT

Durante los últimos años cada vez más pianistas son afectados por lesiones músculo-esqueléticas. A pesar de la creciente incidencia de este tipo de trastornos, la investigación realizada en este tema es bastante limitada. Por esta razón, el propósito de este estudio consistió en analizar la postura corporal de pianistas, mediante la evaluación de factores biomecánicos, con el fin de identificar el nivel de riesgo al que están expuestos estos artistas; siendo éste el aspecto único de esta investigación ya que no existen estudios previos. Además, se hizo énfasis en el análisis de factores relacionados con el uso excesivo y ciertas características individuales de los participantes como: edad, género y tiempo de práctica, con el objetivo de identificar cómo éstas afectan el nivel de riesgo mencionado. Para esto, se diseñó una encuesta como medio de recolección de datos, la cual fue aplicada a 84 participantes. A continuación, se evaluó la postura del pianista mediante el análisis RULA, lo que dio como resultado niveles de riesgo medios y altos para los participantes. De igual forma, se probó que dicho nivel de riesgo es afectado por la interacción de dos factores: la edad de los participantes y los años de práctica. Finalmente, se propuso controles administrativos y de ingeniería con el objetivo de prevenir la incidencia de lesiones músculo-esqueléticas en estos artistas.

© 2015. All rights reserved.

1. Introducción

Los trastornos músculo-esqueléticos constituyen el problema de salud de origen laboral más frecuente en Europa y en el resto de países industrializados, siendo así una de las principales causas de ausentismo laboral (Ulzurrun, 2007). Los estudios de este tipo de trastornos se han enfocado principalmente en trabajadores de oficinas e industrias; por lo que, los problemas de salud de los músicos han sido poco investigados. (Zaza, 1997). Por este motivo, no se conoce mucho sobre la magnitud del problema, los factores que ponen en riesgo a los músicos y la forma de prevenir estas enfermedades, pues en algunas ocasiones no se reconoce éste arte como una profesión legítima y los problemas de salud ocupacional de los músicos son vistos como rarezas, en lugar de preocupaciones serias (Zaza, 1997).

Es importante considerar que “la profesión de músico es un trabajo de alto rendimiento. La presión, la tensión y el estrés de los ensayos, la práctica diaria, el análisis de las estructuras musicales, la actividad concertística, así como horarios irregulares en comidas y horas de sueño, llevan al músico al límite de su resistencia” (Jábega, 2008). Por esta razón, la ejecución de un instrumento musical, en apariencia una labor libre de perjuicio alguno para la salud, implica riesgos que sólo son evidentes para aquellos que de verdad se dedican a este arte (Vanegas, 2010). Según varios estudios, el 80% de los músicos profesionales terminan con algún tipo de lesión o patología (Vanegas, 2010).

Cabe recalcar también que la práctica postural pianística, comparada con la de otros instrumentos, se caracteriza por ser una de las más naturales: se está sentado, apoyado en la silla y en las piernas (Jábega, 2008). Pese a esa

falta aparente de problemas, existen diversas posiciones que pueden ser incorrectas y que son vulnerables a lesiones o trastornos (Jábega, 2008). Así, a lo largo de la historia, la técnica de los pianistas se ha mantenido; se sigue utilizando la silla sin espaldar para mantener la espalda erguida y los omóplatos libres, las manos suspendidas en el aire para tener mayor facilidad de movilidad de manos y antebrazos, las muñecas preparadas para cualquier movimiento lateral, ascendente, descendente y elíptico; y, finalmente, con ello lograr una mejor disposición de los dedos en el teclado (Rosas, 2014). A pesar de la correcta aplicación de la técnica, ésta no incluye posiciones neutrales, ni excluye a los ejecutantes de adquirir dichos trastornos (Rosas, 2014).

1.1. Definición del problema

Las lesiones músculo-esqueléticas, LME por sus siglas, de origen laboral se han incrementado de una manera exponencial en las últimas décadas, afectando a trabajadores de todas las ocupaciones independientemente de su edad y género (Ulzurrun, 2007). A finales del siglo 19 las enfermedades profesionales de los pianistas llegaron a ser tan frecuentes, que muchos de los profesores cambiaron su metodología de enseñanza y abrieron el espacio para la investigación en esta área (Podzharova et al., 2010). De esta manera, existen varios casos de músicos afectados por este tipo de lesiones, como el del célebre pianista Robert Schumann (1810 - 1856), cuya carrera quedó interrumpida a causa del empleo de un aparato diseñado para conseguir mayor independencia digital, que terminaría provocándole la paralización permanente del cuarto dedo de su mano derecha (Vanegas, 2010). En 1822 Franz Schubert, en una carta escrita a un amigo, comenta cómo, mientras componía su obra “Fantasía del Caminante” para piano, estuvo varios días sin poder tocar a causa de la inflamación de un brazo (Vanegas, 2010). Según escriben varios historiadores, Alexander Scriabin debió sufrir de alguna lesión de este tipo en su mano y/o brazo derecho, ya

que en muchas de sus obras se evidenció que la mano izquierda tenía la mayor cantidad de dificultades técnicas (Vanegas, 2010).

Algunos estudios indican que la frecuencia de aparición de este tipo de lesiones músculo-esqueléticas en músicos, se encuentra alrededor del 32% al 78% de incidencia, y de éste porcentaje, el 70% - 80% pertenecen a lesiones músculo-esqueléticas (Vanegas, 2010). En un estudio realizado a 121 pianistas italianos, se encontró que el 39.6% tenían trastornos músculo-esqueléticos; de igual forma, en una encuesta realizada en EEUU, se comprobó que de 3000 miembros de la Asociación Nacional de Profesores de Música, casi el 30% había sufrido algún tipo de lesión relacionada con su actividad (Linari, 2013). En España, se realizó una encuesta a los músicos de Cataluña, en donde participaron 1639 y de los cuales el 77.9% afirmó haber padecido de algún tipo de lesión. (Linari, 2013). Existe otra encuesta realizada en el marco de la Conferencia Internacional de Músicos de Orquesta Sinfónica y de Ópera (ICSOM), en donde el 76% de los encuestados afirmaban haber tenido uno o más problemas de salud en relación a la práctica musical (Linari, 2013). De igual manera, el Grupo de Estudios MusicMusical realizó un estudio a 302 músicos, en el cual se determinó que el piano daña al 30% de sus intérpretes con algún tipo de lesión (Linari, 2013). Es así cómo, las afecciones que padecen los músicos atacan en un 85.7% al sistema músculo-esquelético, donde las zonas más afectadas son los miembros superiores y las vértebras cervicales (Linari, 2013).

Los factores o fuentes de riesgo que contribuyen a la incidencia de este tipo de desórdenes son el mal y excesivo uso del instrumento y sus condiciones de ejecución (Allsop & Ackland, 2010). Dichas lesiones resultan ocasionando varias enfermedades, como: distonía focal, tendinitis, epicondilitis, tenosinovitis, enfermedad de De Quervain y el síndrome del túnel carpiano (Podzharova et al., 2010).

1.2. Propósito del estudio

El propósito de este estudio consiste en realizar un análisis de la postura corporal de los pianistas, mediante la evaluación de los factores de riesgo biomecánicos a través del método RULA, con el fin de identificar el nivel de riesgo al que están expuestos estos artistas. Este análisis ergonómico no ha sido realizado previamente entre pianistas, por lo que los resultados plantearán cuestiones importantes, en un campo poco investigado pero cada vez más trascendental.

Varios estudios consideran a la edad como un factor importante que influye en la incidencia de lesiones músculo-esqueléticas, así como también ciertas características antropométricas de género, las cuales hacen que el género femenino sea más afectado con este tipo de lesiones (Yoshimura et al., 2006). De igual forma, se establece que ciertas técnicas como octavas, acordes y fortísimos, incrementan el riesgo y son responsables de la mayoría de problemas en las manos y antebrazos (Yoshimura et al, 2006). En un estudio realizado a 121 pianistas italianos se encontró que la edad, sexo y horas de estudio son variables estadísticamente significativas (Podzharova et al., 2010). Por lo tanto, para propósitos del presente estudio también se tomó en cuenta dichos factores, que luego del análisis estadístico permitieron identificar cómo influyen en el nivel de riesgo asociado.

2. Métodos

2.1. Participantes

Antes de definir la metodología a seguir, es indispensable identificar la población objetivo a la cual se enfocará la presente investigación. En un estudio realizado por Chong & Chesky (2001) a 455 pianistas, se determinó que existe un 73% de incidencia de LME en el rango de edad de 10 a 20 años, seguido por una incidencia del 63% en los participantes de 21 a 30 años y mayor al 50% de incidencia en los participantes de 52 a 60 años. Como se puede observar, la incidencia en los más jóvenes es mayor y esto también lo confirma el estudio de Burkholder & Brandfonbrener (2004), quienes encontraron que edades jóvenes no es un factor que proteja a las personas de LME.

Por su parte, Morse et al., (2007) presentan una encuesta realizada para identificar la prevalencia de dolor en las manos, brazos y cuello de músicos. Los resultados indicaron que la mayor incidencia (48%) de dolor presente estaba entre aquellos que practican entre 5 y 9 horas por semana, seguido por aquellos que practican 20 horas o más (42%), de 0 a 4 horas (24%) y por último de 10 a 9 horas (18%). De igual forma, en el estudio de Chong & Chesky (2001), se establece que la mayor cantidad de horas de práctica a la semana, tiene poca incidencia de LME. Por lo que, se puede decir que existen otros factores que son causales, con igual o más intensidad que el tiempo de práctica, de las lesiones músculo-esqueléticas relacionadas a la ejecución del instrumento.

De igual manera, el estudio de Allsop (2007) demuestra que no existe diferencia significativa en la incidencia de LME entre diferentes tamaños de la mano, lo que es confirmado también por Ong (1992) en su estudio, lo que hace que se rechace la hipótesis de que pianistas con manos más grandes no tienen incidencia de LME. Por este motivo, este factor no será tomado en cuenta en la presente investigación.

Debido a la información obtenida en los estudios mencionados, la población objetivo está constituida por personas de 10 a 20 años, quienes tienen el mayor porcentaje de incidencia de LME, que practican entre 5 y 9 horas semanales. Estas características especifican una población constituida principalmente por estudiantes; razón por la cual, este estudio se enfocará en los estudiantes de piano de los conservatorios de música de la ciudad de Quito, con un total de 279. Así, la siguiente tabla detalla el número de estudiantes de piano y conservatorios de música existentes en Quito:

Tabla 1 – Conservatorios y estudiantes de piano en Quito.

Conservatorio	Alumnos
Conservatorio Superior Nacional de Música	101
Conservatorio Franz Liszt	85
Conservatorio George Gershwin	30
Conservatorio Mozarte	30
Conservatorio Superior de Música Jaime Mola	33

TOTAL	279
--------------	-----

Debido al alto porcentaje de confiabilidad que brinda la estadística para los análisis investigativos, se ha decidido aplicar una técnica de muestreo. La elección del tamaño de muestra es un elemento crítico ya que las conclusiones que se puedan obtener sobre la muestra deben ser válidas para inferir sobre toda la población (Montgomery & Runger, 2009). El proceso de muestreo a seguir es el siguiente (Nogales, 2004):

1. Identificar la población objetivo.
2. Seleccionar el método de muestreo.
3. Determinar el tamaño muestral.

La población objetivo fue identificada previamente; por lo que, se prosigue al paso 2, selección del método de muestreo. Debido a que el muestreo no probabilístico no permite llegar a conclusiones estadísticamente robustas acerca de la población, se seleccionó el muestreo probabilístico, en el cual todos los miembros de la población tienen probabilidad de ser seleccionados como una unidad muestral; además, este permite controlar las desviaciones cometidas en las estimaciones de las características objeto de estudio de la población; por lo que, se pueden obtener conclusiones muy confiables respecto a la población total (Nogales, 2004). El método de muestreo probabilístico a emplear es el muestreo aleatorio simple, en el cual cada miembro de la población tiene la misma probabilidad de ser seleccionado como sujeto. Todo proceso de toma de muestras se realiza en un paso, en donde cada sujeto es seleccionado independientemente de los otros miembros de la población (Hernández et al., 2010). Se considera una forma justa de seleccionar una muestra a partir de una población, ya que cada miembro tiene igualdad de oportunidades de ser escogido (Hernández et al., 2010).

Por último, en el paso 3, determinar tamaño muestral, se utiliza la fórmula y el análisis del cálculo de tamaño de muestra para proporciones de poblaciones finitas e infinitas. Debido a que la mayoría de fórmulas de cálculo de tamaños de muestra se enfocan en inferir acerca de cierta característica de la población como la media o varianza, se utiliza el tamaño de muestra para proporciones, que determina si la proporción escogida o el elemento de muestra es representativo o no, sin enfocarse en una característica o parámetro específico como los demás métodos. De esta forma, la fórmula para calcular el tamaño de muestra es (Levine, Szabat & Stephan, 2014):

$$n = \frac{n_0 N}{n_0 + (N - 1)} \quad (1)$$

En donde n_0 representa el factor de correlación de la población y N representa el tamaño de la población objetivo. El factor de correlación de la población es utilizado para reducir el error estándar de la muestra y se calcula de la siguiente forma (Levine, Szabat & Stephan, 2014):

$$n_0 = \left(\frac{Z_{\alpha/2}}{e} \right)^2 p(1-p) \quad (2)$$

En donde:

- $Z_{\alpha/2}$ representa el valor correspondiente a una confianza establecida. El nivel de confianza que se utilizó es del 95%. Se escoge un alpha de 5% (0.05) ya que es aquel valor que más comúnmente produce un resultado significativo (Martínez, 2012). Un leve aumento en el nivel de confianza representará un incremento significativo en el tamaño de muestra y costos de la investigación, sin embargo, el beneficio en la precisión no es proporcional al resultado del estudio (Vivanco, 2005).
- El valor p del parámetro de la proporción se lo establece como 0.5 ya que éste es el valor más grande de desconocimiento; es decir, existe una probabilidad de 0.5 de que la muestra será representativa y 0.5 de que no. Al establecer esta valor igual a 0.5, se maximiza el tamaño de la muestra al menor costo del estudio (Rivas, Moreno & Talavera, 2013).
- Martínez (2012) y Suárez (2012) establecen un error e aceptable entre 0.01 y 0.09. Es importante tomar en cuenta que del total de la población objetivo no todos cumplen con los requisitos del estudio; es decir, de los 279 estudiantes, no todos están entre la edad 10 a 20 años ni tampoco todos practican de 5 a 9 horas semanales. Por este motivo, se toma el valor máximo de error permitido, es decir, 0.09, lo cual no afecta significativamente la representatividad de la muestra.

De esta manera, el cálculo del factor de correlación de la población n_0 de la fórmula (2) es igual a 118.57. Con este valor, el tamaño de muestra correspondiente a la población finita de la fórmula (1), es igual a 84 estudiantes de piano de los conservatorios de Quito.

2.2. Metodología

Con el objetivo de obtener una evaluación completa, se decidió seguir el procedimiento recomendado por Fernández et al. (s.f):

- *Observación y recorrido.*

En esta primera etapa de observación, la meta es tener una visión general del tipo de trabajo que se realiza, la distribución de la estación de trabajo y los factores de riesgo presentes (Fernández et al., s.f). Con el permiso respectivo de la dirección de los conservatorios se procedió a dicha observación, y se dio especial atención a las posturas y fuerzas relacionadas de los estudiantes en la ejecución del instrumento.

- *Grabación de las actividades.*

En esta etapa se tomó fotografías de los estudiantes mientras ejecutaban el instrumento. Se puso énfasis en las vistas posterior, de cada lado y superior. Es importante mencionar que la cámara se enfocó en vistas a las extremidades superiores, ya que la tarea involucra el uso de las manos en su mayoría.

- *Aportaciones del trabajador y gerencias.*

La aportación del trabajador, en este caso los estudiantes de los conservatorios, puede ser la herramienta de recolección de datos más útil (Fernández et al., s.f). En esta etapa se desarrolló y diseñó una encuesta que fue aplicada a los estudiantes, con el objetivo de recolectar datos sobre los factores que influyen en la incidencia de LME y verificar que el estudiante evaluado cumple con las características de la población objetivo determinada, es decir, que esté en el rango de edad de 10 a 20 años y que practique entre 5 y 9 horas semanales. En síntesis, la encuesta sirve como medio de recolección de datos y como filtro para asegurar que el estudiante pertenezca a la población objetivo.

- *Evaluación y análisis.*

Después de la observación, videos y datos del trabajador, esta información debe ser analizada para identificar aquellos factores de riesgo presentes, a través del método que más se ajusta al tipo de investigación y tarea analizada (Fernández et al., s.f).

Según Linari (2013), las estadísticas sobre repercusiones de tocar instrumentos musicales son demoledoras: 23% de los intérpretes presentan lesiones cervicales, el 18% de muñeca, el 13% en los dedos, el 8% en la mano, otro 8% en la columna lumbar, un 5% en el antebrazo, un 3% sufre alteraciones en el codo y en el brazo y apenas el 1% llega a padecer lesiones en el pie (Linari, 2013). Como se puede observar, casi el total de las lesiones, con excepción del 1% en los pies, son lesiones provocadas en los miembros superiores. Por este motivo, para la evaluación de los datos se ha seleccionado el método de Evaluación Rápida del Miembro Superior, RULA. Este método fue desarrollado para evaluar la exposición de los trabajadores a factores de riesgo y comprobar que pueden ocasionar trastornos en los miembros superiores del cuerpo causados por posturas, repetitividad de movimientos, fuerzas aplicadas y actividad estática del sistema musculoesquelético (McAtamney & Corlett, 1993).

El método RULA usa diagramas de posturas corporales y tres tablas de puntuación para evaluar la exposición a factores de riesgo (McAtamney & Corlett, 1993). RULA da una calificación total que representa la carga musculoesquelética. Esta calificación total está compuesta por las calificaciones A, B, C y D; en la que la calificación A está compuesta de las puntuaciones combinadas del hombro, codo y muñeca; la calificación B incluye al cuello, tronco y piernas; la calificación C y D se componen de la fuerza muscular y carga estática (Fernández et al., s.f). Con todas estas calificaciones es posible determinar la Calificación Total. La Calificación Total tiene un rango de 1 a 7; una calificación entre 1 y 2 es considerada aceptable, entre 3 y 4 indica que se debe investigar más a fondo; entre 5 y 6 indica que se requiere investigar más a fondo y hacer cambios a la estación; por último, una calificación de 7 indica que se requiere investigación y cambios inmediatos (Hedge, 2000).

- *Identificación de riesgos.*

En la etapa de evaluación y análisis se identifica el nivel de riesgo al que están expuestos los estudiantes de piano, por lo que en esta etapa se los ordena de acuerdo a su nivel de severidad. De igual forma, se identifica el grado de influencia que tienen los factores mencionados como: edad, género, tiempo de práctica, en el nivel de riesgo identificado de cada estudiante.

Este análisis es realizado mediante métodos estadísticos como: regresión lineal múltiple, ANOVAs de un factor y pruebas de medias de Tukey, con el objetivo de determinar aquel factor que más influye, o si algún factor no influye, en el nivel de riesgo calculado con el RULA.

- *Recomendaciones y controles.*

Después de haber identificado los factores de riesgo, deben aplicarse acciones correctivas y controles para la reducción de los riesgos encontrados (Fernández et al., s.f). En base a los resultados obtenidos, se realizan recomendaciones en cuanto a la metodología de estudio, tomando en cuenta técnicas de calentamiento y descanso de los miembros y músculos involucrados, así como correcta postura y técnica pianística.

2.3. Procedimiento

El procedimiento que se siguió en el presente estudio, de acuerdo a la metodología mencionada, consistió en el levantamiento de información, análisis con la metodología RULA y análisis estadístico. El procedimiento empezó visitando los conservatorios e identificando aquellos estudiantes de piano que practican 5 y 9 horas a la semana y que están en el rango de edad de 10 a 20 años. En el Apéndice A se presenta la encuesta utilizada para dicho levantamiento de información. Es importante mencionar que aquellos estudiantes que no cumplían con la edad u horas de práctica semanales, no pasaban el filtro por lo que eran descartados para el estudio.

2.3.1. Análisis RULA

Una vez que el participante completó la encuesta y la aprobó, se realizó la observación respectiva durante la ejecución del piano para analizar su postura corporal con el RULA. Las mediciones realizadas son fundamentalmente angulares, las cuales pueden ser realizadas directamente sobre el trabajador o empleando fotografías. Se lo ejecutó mediante fotografías y se utilizó el software Kinovea, que es un reproductor de video para deportistas que permite analizar todos los movimientos y captar errores o detalles de procedimientos mejorables (Kinovea, 2015). Además, este programa permite estudiar posturas, gestos, trayectorias (Kinovea, 2015).

En el Apéndice B se muestra un ejemplo de aplicación de las mediciones angulares realizadas a un participante mediante Kinovea. Estas mediciones son analizadas mediante RULA a través de la "RULA Employee Assessment Worksheet" que se muestra en el Apéndice C, para determinar el nivel de riesgo asociado. Este procedimiento fue realizado hasta completar con el tamaño de muestra calculado.

2.3.2. Análisis estadístico

Todo el análisis estadístico fue realizado usando el software Minitab 17. La estadística descriptiva, regresión lineal múltiple y ANOVAs, fueron utilizados para el análisis de datos del presente estudio. De las preguntas del cuestionario: la edad, género, años de ejecución y horas de práctica a la semana, fueron tomadas como variables independientes, mientras que el nivel de riesgo como variable dependiente o de respuesta.

La estadística descriptiva fue utilizada para presentar los resultados de las encuestas y del análisis RULA realizado. De igual forma, se utilizó la regresión lineal múltiple, para determinar si existe una relación lineal entre la variable de respuesta, en este caso el nivel de riesgo, y el subconjunto de variables regresoras o independientes (Montgomery & Runger, 2002).

Se probó la validez de la regresión con un $\alpha = 0.05$; es decir, se prueba la hipótesis nula en la cual se establece que los coeficientes de la regresión son iguales a cero, la misma que es rechazada si su valor P es menor a 0.05 (Montgomery & Runger, 2002). Esta hipótesis fue probada sobre la regresión y sobre los coeficientes individuales para determinar el valor potencial de cada una de las variables regresoras del modelo (Montgomery & Runger, 2002).

Finalmente, se utilizaron ANOVAs de un solo factor para analizar aquellas variables significativas encontradas en la regresión; y de esta forma, poder identificar si existe diferencia en el nivel de riesgo existente entre los niveles de los factores mencionados. La significancia para los ANOVAs fue aceptada cuando $P < 0.05$ (Montgomery & Runger, 2002). Dado el desigual número de observaciones existentes en cada tratamiento, el diseño es no balanceado, sin embargo, para el análisis ANOVA de un solo factor, el diseño no balanceado no presenta problemas significativos (Shaw & Mitchell-Olds, 1993). Para complementar el análisis de los niveles de riesgo de los ANOVAs, se utilizó la prueba de Tukey, con el objetivo de comparar sus medias e identificar aquellas que son diferentes (Montgomery & Runger, 2002).

3. Resultados

Con el objetivo de satisfacer el tamaño de muestra de 84 estudiantes, se debió realizar la encuesta a un total de 112, es decir, el 75% de los encuestados aprobaron la encuesta y formaron parte de la población objetivo para realizar el estudio. Es importante mencionar que de los 84 estudiantes, el 64% afirmó haber tenido o experimentado algún tipo de malestar o dolor a causa de la interpretación del instrumento.

La muestra obtenida está conformada en su 54% por hombres y el restante 46% por mujeres. Del rango de edad permitido, el mayor número de estudiantes están en la edad de 15, representando el 14 % de la muestra y existe un 12 % de estudiantes de 20 años. A continuación se muestra a mayor detalle las edades de los estudiantes de la muestra obtenida:

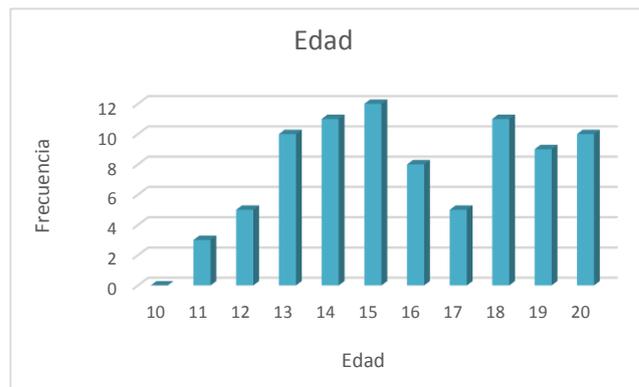


Fig. 1 – Edades de los participantes del estudio.

En cuanto a las horas de práctica semanales, se obtuvo que el 26% de los participantes practican 8 horas semanales, seguido por un 24% que practican 5 horas, un 21% que practican 7 horas y 14% tanto para aquellos que practican 6 horas como para los que practican 9 horas a la semana. En la figura 2 se muestra las horas de práctica de los estudiantes de la muestra:



Fig. 2 – Horas semanales de práctica de los participantes.

Del 64% de participantes que afirmó haber tenido algún tipo de malestar durante la interpretación del piano, el 59% afirmó que estuvo tocando un tipo específico de técnica. El 38% de ellos experimentó el malestar durante la ejecución de octavas, el 25% durante la ejecución de escalas, el 19% durante la ejecución de la técnica fortissimo, el 13% durante la ejecución de acordes, un 3% durante la ejecución de terceras y otro 3% durante la ejecución del método de Hannon. A continuación se muestra a mayor detalle dichos resultados:

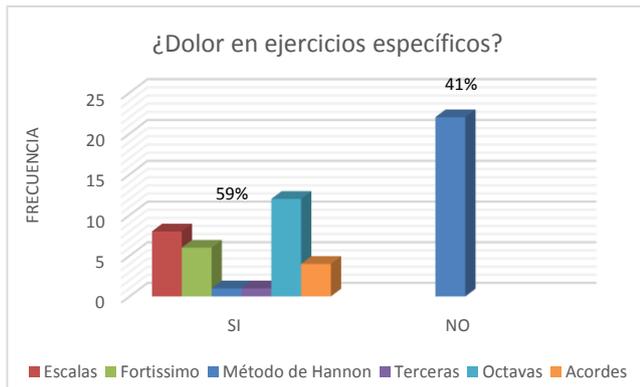


Fig. 3 – Malestar durante la ejecución de técnicas específicas.

Finalmente, se muestran los resultados del análisis RULA. En este análisis se determinó la puntuación del nivel de riesgo final, que está compuesto por las calificaciones A, B, C y D. En cuanto a las calificaciones finales de los grupos A y B, los resultados indican que para A, los valores varían entre nivel de riesgo 5 y 6, mientras que para el grupo B los resultados varían entre 4, 5, 6 y 7. Cabe recalcar que el grupo A representa las puntuaciones del hombro, codo y muñeca, mientras que el grupo B representa las puntuaciones del cuello, tronco y piernas (Fernández et al., s.f). En la figura 4 se muestran dichos resultados. Para la calificación C de ambos grupos, se obtuvo un valor de +1 en todos los casos debido a que la actividad es estática y se mantiene más de 1 minuto. La calificación D tuvo un valor de 0 ya que la carga es menor a 2 kg. Según Linari (2013) y Allsop (2007), cada tecla pesa unos 50 gramos, por lo que está lejos de llegar a los 2 kg que es el límite para obtener puntuación en la calificación D.

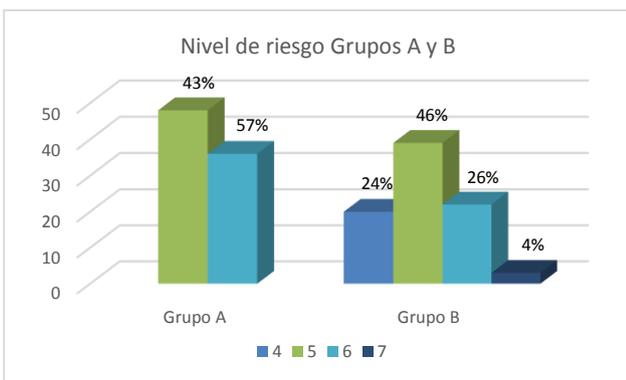


Fig. 4 – Puntuación Grupos A y B. RULA.

Los 84 participantes obtuvieron un nivel de riesgo final entre 5, 6 y 7, lo cual indica riesgo medio (mayor investigación y cambios pronto) para el caso de los niveles 5 y 6; y riesgo muy alto (cambios inmediatos) para el caso del nivel 7. El 42% de los participantes obtuvieron un nivel de riesgo igual 6, el 35% un nivel de riesgo de 7 y el restante 24% un nivel de riesgo de 5. La siguiente figura muestra los resultados finales obtenidos del análisis RULA:

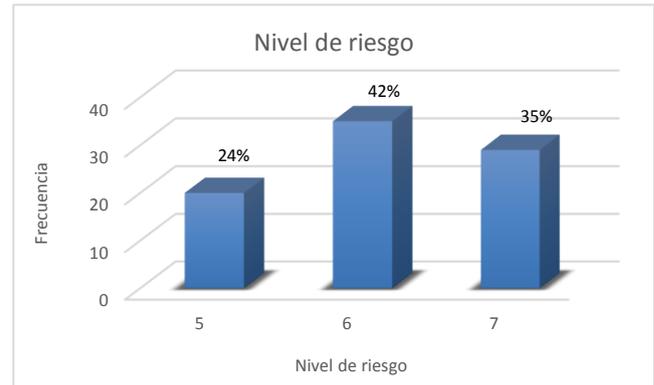


Fig. 4 – Nivel de riesgo RULA de los participantes.

Por otro lado, entre los resultados del análisis estadístico, la regresión lineal múltiple indicó que al menos un coeficiente de los factores es diferente de cero, es decir, se rechazó la hipótesis nula ya que $P < 0.05$, por lo que se puede afirmar que al menos un factor es significativo (Montgomery & Runger, 2002). Ver Apéndice D. Al analizar los coeficientes individuales de la regresión, se encontró que el factor edad y el factor años de práctica son significativos, es decir, su valor $P < 0.05$, por lo que se rechaza la hipótesis nula, indicando que el coeficiente de estos factores es diferente de cero (Montgomery & Runger, 2002). Esto implica que existe una relación lineal entre dichos factores y la variable de respuesta. Asimismo, la regresión indicó que los factores género y horas de práctica a la semana no son significativos, ya que su valor $P > 0.05$, por lo que se puede concluir que no afectan a la variable de respuesta y pueden ser excluidos del modelo (Montgomery & Runger, 2002). Ver Apéndice D.

Al realizar los ANOVAs en los factores significativos de la regresión, se obtuvo que existe diferencia entre las medias de los niveles de riesgo para el factor edad. Su valor es $P < 0.05$, por lo que se rechaza la hipótesis nula de que todas las medias son iguales, concluyendo que al menos una media es diferente (Montgomery & Runger, 2002). Ver Apéndice E. Al realizar la prueba de Tukey, se identificó que las medias de los niveles de riesgo para 20 y 19 años son significativamente diferentes de la media del nivel de riesgo para 15 años, ya que su valor $P < 0.05$ (Montgomery & Runger, 2002). Ver apéndice F. Por lo tanto, se puede afirmar que existe diferencia de medias entre los niveles del factor edad y que tienen una tendencia creciente, como se puede observar en la figura 5 a continuación.

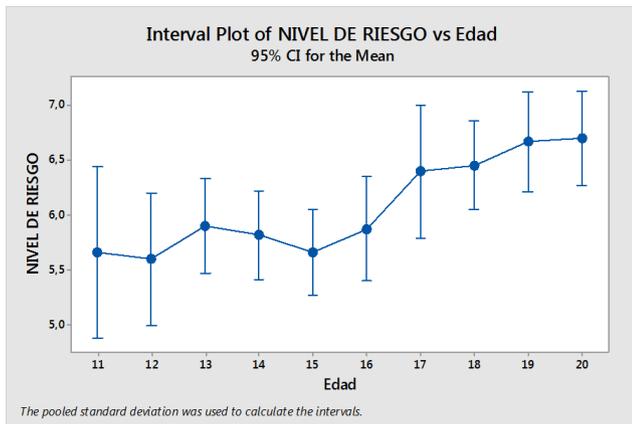


Fig. 5 – Medias Nivel de riesgo por Edad.

En cuanto a los años de práctica, el ANOVA respectivo indicó que existe diferencia entre las medias del nivel de riesgo para los diferentes años ya que el valor $P < 0.05$. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula de que las medias son iguales, y entonces se puede afirmar que al menos una media es distinta (Montgomery & Runger, 2002). Ver Apéndice G. La prueba de Tukey demostró que existe diferencia entre la media del nivel de riesgo de 9 años de práctica y la media de 2 años, debido a que el valor es $P < 0.05$ en la comparación de dichos años. (Montgomery & Runger, 2002). Es necesario mencionar que para este análisis de Tukey no se tomó en cuenta el nivel de riesgo de 1 y 12 años, ya que, al contar con una sola observación de estos niveles, no fue posible obtener una media correspondiente. Ver Apéndice H. Como se puede observar en la figura 6, existe una tendencia creciente entre las medias del nivel de riesgo y los diferentes años de práctica.

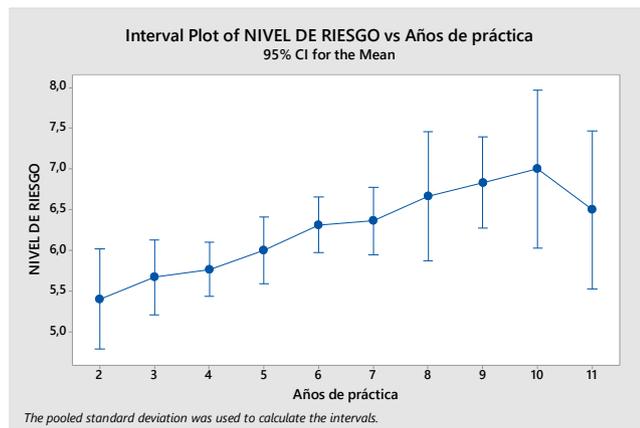


Fig. 6 – Medias Nivel de riesgo por Años de práctica.

4. Discusión

Los resultados del presente estudio indican que el 64% de los encuestados afirman haber tenido algún tipo de malestar o dolor durante la ejecución del piano, lo que representa un porcentaje alto que concuerda con los estudios presentados por Linari (2013). Los hallazgos importantes de este estudio fueron los altos niveles de riesgo que presentaron los participantes, los cuales varían entre 5, 6 y 7, representando los máximos niveles posibles del análisis RULA. Esto indica que existe alto riesgo en la ejecución del

instrumento; por lo que, se debe realizar mayor investigación y cambios inmediatos en la estación para el caso de nivel de riesgo 7. Este importante hallazgo no ha sido identificado en estudios previos.

El enfoque estadístico utilizado en el presente estudio, para analizar los factores que influyen en el nivel de riesgo, ayudó a entender por qué los pianistas reportan dolor y LME. Los resultados indicaron que el género no es significativo, por lo que no influye en el nivel de riesgo. Esto concuerda con los estudios de Allsop (2007), en donde se indica que al analizar el género con horas de práctica, no existe diferencia significativa entre hombres y mujeres. Otro factor, igualmente no significativo encontrado en este estudio para el nivel de riesgo, es las horas de práctica a la semana. Cabe resaltar que los participantes practican entre 5 y 9 a la semana; por este motivo, no se tiene mayor rango de datos como para que este factor sea representativo en el modelo de regresión. Sin embargo, este rango de 5 a 9 horas a la semana es justamente aquel que representa mayor incidencia de LME según los estudios de Chong y Chesky (2001) y Morse et al., (2000). Esto se vio reflejado en los resultados del RULA, ya que todos los participantes obtuvieron niveles de riesgo altos.

Por otro lado, la edad es un factor que sí influye en el nivel de riesgo; y, a pesar de que sólo se analizaron estudiantes de piano de 10 a 20 años, la regresión indicó que este factor es representativo. Así, las edades de 19 y 20 años tienen la mayor media de nivel de riesgo; por lo que, se puede concluir que a mayor edad, mayor nivel de riesgo. Ver figura 5. Esto difiere del estudio de Chong y Chesky (2001), en donde se encuentra una tendencia decreciente entre la edad y la incidencia de LME. Adicionalmente, otro factor representativo que influye en el nivel de riesgo es los años de práctica; y, al igual que para el factor edad, se encontró que existe diferencia en las medias del nivel de riesgo para cada nivel de este factor. Esto se puede observar en la figura 6, mientras más años tocando tenga el estudiante, mayor es la media del nivel de riesgo asociado, lo que concuerda con el estudio de Allsop (2007), en donde se encuentra que la incidencia de LME se incrementa con los años de práctica.

Este análisis lleva a proponer que, siendo los participantes de esta investigación estudiantes de piano de entre 10 a 20 años, que practican entre 5 y 9 horas a la semana, este estudio debe ser replicado con poblaciones más grandes y diversas, de modo que se consigan resultados que permitan inferir acerca de toda la población de pianistas. Sin embargo, se puede asegurar que la información obtenida ha permitido desarrollar posibles estrategias de prevención y control, tanto de ingeniería como de administración, que pueden ser aplicadas a toda la población.

Así, como controles de ingeniería se propone el estudio realizado por Yoshimura (2009), que plantea el uso de un piano ergonómicamente modificado, como posible solución para reducir el dolor asociado a la ejecución del instrumento. Este piano se caracterizó por tener teclas más angostas que las de un piano estándar, con el objetivo de ajustar el instrumento a aquellos pianistas con manos más pequeñas y reducir ciertas dificultades técnicas que se tienen con las teclas de tamaño normal (Yoshimura, 2009). Desafortunadamente, la idea de usar instrumentos modificados no es aceptada por los pianistas debido al tamaño estandarizado de las teclas, establecido desde el siglo 19 (Yoshimura, 2009). Algunas de las posibles razones de mantener esta costumbre son la portabilidad de pianos estandarizados, el miedo de los pianistas a tamaño de teclas desconocido, razones financieras y el obstáculo más grande, la cultura (Yoshimura, 2009). Ante esto, se recomienda que los profesores

informen a los estudiantes sobre los beneficios de un piano ergonómicamente modificado, para prevenir los problemas de salud y reducir el miedo a lo desconocido. Algunas grandes organizaciones internacionales como MTNA (Music Teachers National Association), The Frances Clark Center for Keyboard Pedagogy, y The National Association for Music Education, apoyan este proyecto y fomentan la educación sobre salud bienestar ocupacional (Yoshimura, 2009). Sin embargo, aún se requiere mucha investigación y promoción de la ergonomía en el ámbito artístico del piano, la cual debe ser enfocada en concienciar a los estudiantes y profesionales sobre la aplicabilidad de esta disciplina (Yoshimura, 2009).

En cuanto a propuestas administrativas, el estudio de Wrysten (2000) recomienda calentar los músculos a su temperatura óptima funcional, y enfriarlos después de la práctica para evitar dolor y calambres. En este estudio, se establece que la recomendación más importante para prevenir LME, es evitar aumentos repentinos en la cantidad e intensidad de práctica (Wrysten, 2000). De igual forma, Manchester (2006) establece que cambios repentinos en la duración de práctica diaria, antes de conciertos o exámenes, es un factor para LME. Además, el estudio de Allsop (2007) señala la importancia de descansar los músculos y evitar el uso excesivo del instrumento; pues las pausas y descansos durante la práctica, no solo alivia la tensión física, sino que incrementa la concentración mental. Pero, lo que todavía es incierto es la duración del descanso y su frecuencia durante cada sesión de práctica de piano (Allsop, 2007).

Los pianistas deben asegurarse que la parte superior del cuerpo y la postura estén balanceadas sobre sus pies, y tratar de tocar con independencia total de las extremidades utilizadas (Allsop, 2007). Una de las técnicas más saludables según Riley et al. (2005), consiste en balancear entre tensión y relajación de los músculos al momento de practicar, de manera que el funcionamiento de los músculos sea más confiable y duradero. Así también, posiciones incorrectas de los dedos, manos, brazos y del cuerpo, excesiva carga de técnicas, repertorio desconocido y excesiva repetición, son considerados factores que contribuyen a LME de piano (Riley et al., 2005). Por lo tanto, los pianistas deben ser conscientes de estas posturas incómodas y de los efectos que causan los cambios mecánicos en este instrumento (Allsop, 2007).

Finalmente, los profesores de piano y profesionales son quienes pueden conocer las posturas que deben ser usadas para prevenir la incidencia de LME; sin embargo, al no estar familiarizados con anatomía, no tienen el conocimiento biomecánico relacionado a este arte. Por este motivo, sus recomendaciones para prevenir y controlar LME son empíricas, ya que están basadas en su experiencia, más que en evidencia científica; después de todo, la educación musical no requiere que los profesores de piano conozcan sobre LME (Allsop & Ackland, 2010). Además, si se hace una comparación con la medicina ocupacional y deportiva, la medicina del arte es menos conocida para los profesionales de la salud; de igual manera, a diferencia de otras industrias, no existen estándares de salud y seguridad ocupacional establecidos, por lo que aún queda mucha investigación por realizar en este campo para desarrollar programas de prevención (Zaza, 1997).

4. Conclusiones

El estudio realizado investigó una muestra de participantes con un rango de edad muy específico, y ciertos niveles de habilidad y experiencia, que representan la mayor incidencia de LME, entre las personas que se dedican a la interpretación del piano. Los participantes incluían únicamente estudiantes de los conservatorios de Quito, de 10 a 20 años de edad que practican entre 5 y 9 horas a la semana.

El aspecto único de esta investigación es que, por primera vez, se identificó el nivel de riesgo asociado a la postura de los participantes mientras ejecutan el instrumento, dando como resultado los niveles más altos posibles. Por lo tanto, la primera conclusión del estudio indica el alto nivel de riesgo al que están expuestos este tipo de participantes y la importancia de realizar cambios inmediatos en la estación, así como mayor investigación en esta área. Este aspecto no había sido investigado previamente entre pianistas, por lo que se justifica la importancia de replicar este tipo de análisis ergonómicos con poblaciones más diversas.

De igual forma, se probó cómo dicho nivel de riesgo es afectado por factores relacionados con el excesivo uso y ciertas características individuales de los participantes; con lo que se concluye que el nivel del riesgo no es afectado por un solo factor, sino que es el producto de la interacción de varios factores; en este caso, la edad de los participantes y los años que llevan tocando.

Por último, es importante tomar en cuenta las estrategias de prevención y controles propuestos en el estudio. La implementación del piano ergonómico representa el mayor desafío, que será aceptado por los pianistas cuando crean en la utilidad y efectividad de la ergonomía como herramienta para evitar LME. A pesar de esto, las propuestas administrativas presentan estrategias aplicables y efectivas para el bien estar de los pianistas y un mejor desempeño artístico.

Agradecimientos

A Cristina Camacho, profesora de Ingeniería Industrial de la Universidad San Francisco de Quito, por el apoyo, tutoría y ayuda durante toda la investigación. De igual manera, a los conservatorios, por la autorización a investigar dentro de sus instalaciones. Finalmente, a los estudiantes de piano, quienes participaron en este estudio.

Apéndice A. Encuesta.

1. EDAD:
2. GÉNERO: M F
3. ¿Su instrumento principal es el piano?
SI NO
4. ¿A qué edad empezó clases de piano?
5. ¿Cuánto tiempo (años) lleva tocando?
6. ¿Cuántas horas promedio a la semana practica?
7. ¿Mientras está tocando, ha experimentado algún tipo de dolor o disconformidad?
SI NO
8. ¿Estuvo tocando algún tipo de técnica o ejercicio en específico al momento de sentir este malestar?
SI NO
9. ¿Mientras estuvo tocando, qué tipo de técnicas causaron dicho malestar?
Octavas___ Acordes___ Escalas___
Terceras___ Arpeggios___ Fortissimo___
Pianissimo___ Trinos___ Disminuidos___
Otros (por favor especificar)_____

Apéndice B. Aplicación procedimiento RULA mediante Kinovea.

B.1. Posición parte superior del brazo.



B.2. Posición parte inferior del brazo.



B.3. Posición muñeca.



B.4. Posición Tronco.



B.5. Posición Cuello.



Apéndice E. ANOVA Nivel de riesgo vs Edad

One-way ANOVA: NIVEL DE RIESGO versus Edad

Method

Null hypothesis All means are equal
 Alternative hypothesis At least one mean is different
 Significance level $\alpha = 0,05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels	Values
Edad	10 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20	

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Edad	9	14,06	1,5626	3,40	0,002
Error	74	33,97	0,4591		
Total	83	48,04			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,677555	29,28%	20,68%	7,21%

Apéndice F. Prueba Tukey Edad.

Tukey Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Edad	N	Mean	Grouping
20	10	6,700	A
19	9	6,667	A
18	11	6,455	A B
17	5	6,400	A B
13	10	5,900	A B
16	8	5,875	A B
14	11	5,818	A B
15	12	5,667	B
11	3	5,667	A B
12	5	5,600	A B

Means that do not share a letter are significantly different.

Apéndice C. RULA Employee Assessment Worksheet.

RULA Employee Assessment Worksheet

Complete this worksheet following the step-by-step procedure below. Keep a copy in the employee's personnel folder for future reference.

A. Arm & Wrist Analysis

Step 1: Locate Upper Arm Position
 Step 2: Locate Lower Arm Position
 Step 3: Locate Wrist Position
 Step 4: Wrist Twist
 Step 5: Look-up Posture Score in Table A
 Step 6: Add Muscle Use Score
 Step 7: Add Force/load Score
 Step 8: Find Row in Table C

B. Neck, Trunk & Leg Analysis

Step 9: Locate Neck Position
 Step 10: Locate Trunk Position
 Step 11: Legs
 Step 12: Look-up Posture Score in Table B
 Step 13: Add Muscle Use Score
 Step 14: Add Force/load Score
 Step 15: Find Column in Table C

SCORES

Table A: Upper Arm/Wrist Scores (0-10)

Table B: Neck/Trunk/Leg Scores (0-10)

Table C: Final Scores (0-10)

Final Score: []

Subject: _____ Department: _____ Date: _____
 Company: _____ Scorer: _____

FINAL SCORE: 1 or 2 = Acceptable; 3 or 4 investigate further; 5 or 6 investigate further and change soon; 7 investigate and change immediately

Source: McAtamney, L. & Corlett, E.N. (1993) RULA: a simple method for the investigation of work-related upper limb disorders. Applied Ergonomics, 24(2): 91-99.
 © Professor John Hedge, Cornell University, Feb. 2001

Apéndice D. Regresión Lineal Múltiple.

Regression Analysis: NIVEL DE RIESGO versus Edad. Género. Años tocando. Horas semanales

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	4	17,4004	4,3501	11,22	0,000
Edad	1	3,0721	3,0721	7,92	0,006
Género	1	0,1320	0,1320	0,34	0,561
Años tocando	1	4,4567	4,4567	11,49	0,001
Horas semanales de práctica	1	0,7607	0,7607	1,96	0,165
Error	79	30,6353	0,3878		
Lack-of-Fit	74	27,1353	0,3667	0,52	0,897
Pure Error	5	3,5000	0,7000		
Total	83	48,0357			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,622727	36,22%	32,99%	28,16%

Coefficients

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	3,543	0,448	7,90	0,000	
Edad	0,0863	0,0307	2,81	0,006	1,43
Género	0,080	0,137	0,58	0,561	1,00
Años tocando	0,1078	0,0318	3,39	0,001	1,16
Horas semanales de práctica	0,0798	0,0570	1,40	0,165	1,35

Regression Equation

$$\text{NIVEL DE RIESGO} = 3,543 + 0,0863 \text{ Edad} + 0,080 \text{ Género} + 0,1078 \text{ Años tocando} + 0,0798 \text{ Horas semanales de práctica}$$

Apéndice G. ANOVA Nivel de riesgo vs Años de práctica

One-way ANOVA: NIVEL DE RIESGO versus Años de práctica

Method

Null hypothesis All means are equal
 Alternative hypothesis At least one mean is different
 Significance level $\alpha = 0,05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels	Values
Años de práctica	10	2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Años de práctica	9	13,77	1,5300	3,22	0,002
Error	72	34,24	0,4756		
Total	81	48,01			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,689623	28,68%	19,77%	10,03%

Apéndice H. Prueba Tukey Años de práctica.

Tukey Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Años de práctica	N	Mean	Grouping
10	2	7,000	A B
9	6	6,833	A
8	3	6,667	A B
11	2	6,500	A B
7	11	6,364	A B
6	16	6,313	A B
5	11	6,000	A B
4	17	5,765	A B
3	9	5,667	A B
2	5	5,400	B

Means that do not share a letter are significantly different.

REFERENCIAS

- Allsop, L. (2007). *Investigating the Prevalence of Playing-Related Musculoskeletal Disorders in Relation to Piano Player's Playing Techniques and Practising Strategies*. The school of Human Movement and Exercise Science. The University of Western Australia.
- Allsop, L. & Ackland, T. (2010). *The prevalence of playing-related musculoskeletal disorders in relation to piano player's playing techniques and practising strategies*. Music Performance Research. Royal Northern College of Music. University of Western Australia.
- Burkholder, K., & Brandfonbrener, A. (2004). *Performance-related injuries among student musicians at a specialty clinic*. Medical Problems of Performing Artists, 19 (3).
- Chong, H.P., & Chesky, K. (2001). *Prevalence of hand, finger, and wrist musculoskeletal problems in keyboard instrumentalists*. Medical Problems of Performing Artists, 16 (1).
- Fernández, J., Marley, R. Noriega, S. & Ibarra, G. (s.f). *Ergonomía Ocupacional. Diseño y Administración del Trabajo*.
- García, M., Sánchez, A., Camacho, A., & Domingo, R. (2013). *Análisis de métodos de valoración postural en las herramientas de simulación virtual para la ingeniería de fabricación*. Medellín.
- Hedge, A. (2000). *RULA Employee Assessment Worksheet*. Cornell University.
- Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación*. México D.F, México: Mc Graw Hill.
- Jábega, A. (2008). *Salud Postural para Pianistas*. Filomusica. ISSN 1576-0464.
- Kinovea. (2015). *A microscope for your videos*. Recuperado de: <http://www.kinovea.org/>
- Levine, D., Szabat, K. & Stephan, D. (2014). *Business Statistics. A First Course*. New York: Pearson.
- Lite, A., García, M. & Manzanedo, M. (2007). *Métodos de evaluación y herramientas aplicadas al diseño y optimización ergonómica de puestos de trabajo*. International Conference on Industrial Engineering & Industrial Management – CIO2007.
- Linari, M. (2013). *Influencia de la actividad ocupacional en instrumentistas musicales profesionales y la aparición de alteraciones músculo-esqueléticas*. Editorial de la Universidad de Granada.
- Manchester, R. (2006). *Toward better prevention of injuries among performing artists*. Medical Problems of Performing Artists, 21(1), 1-2.
- Martínez, C. (2012). *Estadística y muestreo*. Bogotá, Colombia: ECOE Ediciones.
- McAtamney, L. & Corlett, N. (1993). *RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders*. Applied Ergonomics. Institute for Occupational Ergonomics, University of Nottingham, University Park, Nottingham.
- Montgomery, D.C. & Runger, G.C. (2002). *Probabilidad y Estadística Aplicada a la Ingeniería (2 ed.)*. México D.F: Limusa Willey.
- Morse, T., Jennifer, R., Cherniak, M. & Pelletier, S. (2000). *A pilot population study of musculoskeletal disorders in musicians*. Medical Problems of Performing Artists, 15(2), 81-90.
- Naing, L., Winn, T., & Rusli, B. (2006). *Practical issues in calculating the sample size for prevalence studies*. Archives of Orofacial Sciences, 1(1), pp. 9 – 14.
- Nogales, A. (2004). *Investigación y técnicas de mercado*. Madrid: ESIC Editorial.
- Ong, D. (1992). *The association of right had characteristics and practice habits with the prevalence of overuse injury among piano students*. Alberta: The University of Alberta.
- Podzharova, E., Rangel-Salazar, R., Vólkhina, G. & Vallejo, J. (2010). *Pianista: entre la música y la medicina*. Acta Universitaria Dirección de Apoyo a la Investigación y al Posgrado. Universidad de Guanajuato.
- Riley, K., Coons, E. & Marcarian, D. (2005). *The use of multimodel feedback in retraining complex technical skills of piano performance*. Medical Problems of Performing Artists, 20(2), 82-88.

-
- Rivas, R., Monreno, J., & Talavera, J. (2013). *Diferencias de medianas con la U de Mann – Whimey*. Rev Med Inst Mex Seguro Soc, 51(4), pp. 414-9.
- Rosas, D. (2014). *Evaluación ergonómica en estudiantes del Conservatorio Superior de Música “Jaime Mola” Religiosas Franciscanas en el periodo Julio – Febrero 2014*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Shaw, R & Mitchell-Olds, T. (1993). *ANOVA for Unbalanced Data: an Overview*. Jstor. Ecology, Ecological Society of America.
- Suárez, M. (2012). *Interaprendizaje de Probabilidades y Estadística Inferencial con Excel, Winstats y Graph*. Universidad Tecnológica del Norte, Ibarra, Ecuador.
- Ulzurrrín, M., Jiménez, A. & Izquierdo, J. (2007). *Trastornos músculo-esqueléticos de origen laboral*. Gobierno de Navarra. Departamento de Salud.
- Vanegas, O. (2010). *Lesiones músculo-esqueléticas en pianistas y técnica ergonómica de ejecución*. Universidad de Cuenca. Facultad de Artes.
- Vivanco, M. (2005). *Muestreo Estadístico Diseño y Aplicaciones*. Santiago de Chile, Chile: Editorial Universitaria S.A.
- Wristen, B. (2000). *Avoiding Piano-related Injury: A Proposed Theoretical Procedure for Biomechanical Analysis of Piano Technique*. Faculty Publications: School of Music. University os Nebraska – Lincoln.
- Yoshimura, E., Mia, P., Aerts, C. & Chesky, K. (2006). *Risk Factors for Piano-related Pain among College Students*. Center for Music & Medicine. College of Music. University of North Texas.
- Yoshimura, E. (2009). *Risk factors for piano-related pain among college students and piano teachers: possible solutions for reducing pain by using the ergonomically modified keyboard*. University of North Texas.
- Zaza, C. (1997). *Playing-related musculoskeletal disorders in musicians: a systematic review of incidence and prevalence*. Health and the Musician. University of Western Ontario. Canadian Medical Association.