



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

**DISEÑO DE UN MODELO DE CONFORT
PARA ESTABLECER EL MÁXIMO CAMBIO
DE LA DEFORMACIÓN TOLERADO TRAS
EL USO DE DIFERENTES SISTEMAS DE
DESCANSO**

TRABAJO FINAL DE GRADO

Alumno: LUCAS SENENT RODRÍGUEZ

Grado en Ingeniería Mecánica

Primer tutor: Miguel Ángel Artacho Ramírez

Segundo tutor: Tomás Zamora Álvarez

Valencia, septiembre 2020

RESUMEN

En el presente trabajo se pretende reducir el número de devoluciones registradas relacionadas con la excesiva variación de la deformación inicial experimentada por los usuarios en determinadas zonas de los distintos modelos de colchón diseñados por la empresa Colchones Delax, S.L. A partir de la medición de la deformación producida por un apoyo isquiático en diversas zonas de los distintos colchones, se relaciona dicha deformación con la composición inicial, tipos de espumas, estructura, tiempo de permanencia enrollado, tiempo de uso y acabados de los distintos sistemas de descanso. Así, se dispone de unos análisis que permiten conocer la influencia de la deformación en función de las variables dependientes, sirviendo de guía a la hora de seleccionar las propiedades mecánicas de las distintas espumas y resto de componentes, así como de la estructura y diseño final de colchón.

PALABRAS CLAVE

Modelo de confort

Variación en la deformación inicial

Propiedades mecánicas de componentes

Sistemas de descanso

INDICE

1. Capítulo I: Introducción- pág.8
 - 1.1. Objeto- pág.8
 - 1.2. La empresa- pág.9
 - 1.2.1. Proyectos- pág.10
2. Capítulo II: Sistemas de descanso- pág.11
 - 2.1. Introducción- pág.11
 - 2.2. Propiedades físicas de los colchones- pág.12
 - 2.2.1. Firmeza- pág.12
 - 2.2.2. Resistencia a la fatiga- pág.13
 - 2.2.3. Elasticidad- pág.14
 - 2.2.4. Aislamiento térmico- pág.14
 - 2.2.5. Permeabilidad- pag.15
 - 2.3. Tipos de sistemas de descanso- pág.16
 - 2.3.1. Espumas- pág.16
 - 2.3.1.1. Poliuretano- pág.17
 - 2.3.1.2. Poliéster- pág.18
 - 2.3.1.3. Alta resistencia- pág.18
 - 2.3.2. Viscoelásticos- pág.19
 - 2.3.2.1. Viscoelástica espumada- pág.20
 - 2.3.2.2. Viscoelástica moldeada- pág.20
 - 2.3.2.3. Viscoelástica inyectada- pág.21
 - 2.3.3. Muelles- pág.21
 - 2.3.3.1. Muelles bicónicos- pág.22
 - 2.3.3.2. Muelles de hilo continuo- pág.23
 - 2.3.3.3. Muelles ensacados- pág.23
 - 2.3.3.4. Micromuelles ensacados- pág.24
 - 2.3.4. Látex- pág.25
 - 2.3.4.1. Dunlop- pág.26
 - 2.3.4.2. Talatay- pág.27
 - 2.3.5. Tabla comparativa- pág.28
 - 2.4. Componentes de los sistemas de descanso- pág.29
3. Capítulo III: Variables- pág.31
 - 3.1. Introducción- pág. 31
 - 3.2. Descripción de las variables- pág. 31
 - 3.2.1. Muestra- pág. 31
 - 3.2.2. Espuma- pág.32
 - 3.2.3. Espumador- pág.33
 - 3.2.4. Modelo- pág.33
 - 3.2.5. Uso- pág.34
 - 3.2.6. Tiempo de enrollado- pág.34
 - 3.2.7. Posición- pág.34
 - 3.2.8. Repetición- pág.35
 - 3.2.9. Deformación- pág.36
 - 3.2.10. Altura nominal- pág. 36
 - 3.2.11. Altura de recubrimiento- pág. 36

- 3.2.12. Deformación Relativa- pág. 36
- 3.3. Toma de medidas de la deformación- pág.38
 - 3.3.1. Equipo de medición- pág.38
 - 3.3.2. Mediciones- pág.40
- 4. Capítulo IV: Análisis- pág.42
 - 4.1. Introducción- pág. 42
 - 4.2. Criterios de análisis- pág. 42
 - 4.2.1. Repetición- pág. 42
 - 4.3. Descripción de la muestra- pág.46
 - 4.4. Análisis- pág.47
 - 4.4.1. Modelo lineal general (MLG) - pág.48
 - 4.4.1.1. Análisis descriptivo- pág.49
 - 4.4.1.2. Realización del MLG- pág.56
 - 4.4.1.3. Pruebas Post-Hoc- pág.58
 - 4.4.1.4. Estimaciones de parámetro- pág.61
 - 4.4.2. Análisis clúster- pág.63
 - 4.4.2.1. Análisis descriptivo- pág.63
 - 4.4.2.2. Análisis previo al clúster- pág.65
 - 4.4.2.3. Realización del clúster- pág.66
 - 4.4.2.4. Descripción grupos del clúster- pág.71
 - 4.4.2.5. Análisis diferencias significativas entre variables comunes entre los distintos grupos- pág.76
 - 4.4.2.6. Interpretaciones- pág.83
 - 4.4.3. Análisis predictivo de la deformación máxima admisible- pág.89
 - 4.4.4. Influencia del tiempo de uso sobre las devoluciones- pág.94
 - 4.4.5. Influencia de la densidad sobre las devoluciones- pág.98
- 5. Capítulo V: Conclusiones- pág.102
 - 5.1. Introducción- pág.102
 - 5.2. Conclusiones- pág.102
- 6. Capítulo VI: Bibliografía- pág.104
- 7. Anexo I: Análisis descriptivos de las variables- pág.107

ÍNDICE FIGURAS Y TABLAS

TABLAS

Tabla 1. Ventajas y desventajas espumas	17
Tabla 2. Ventajas y desventajas viscoelásticos	20
Tabla 3. Ventajas y desventajas muelles	22
Tabla 4. Ventajas y desventajas látex	25
Tabla 5. Tabla comparativa diferentes materiales	28
Tabla 6. ANOVA influencia deformación relativa	43
Tabla 7. Homogeneidad varianzas def. relativa	44
Tabla 8. Análisis Tukey repeticiones	44
Tabla 9. Descriptivos repeticiones 1,2 y 3	45
Tabla 10. Frecuencias sistemas nuevos y usados	46
Tabla 11. Frecuencias sistemas MUC o MUN	46
Tabla 12. Frecuencias densidades	49
Tabla 13. Frecuencias recubrimiento	51
Tabla 14. Percentiles recubrimiento	52
Tabla 15. Frecuencias tiempo de uso	54
Tabla 16. Percentiles tiempo de uso	55
Tabla 17. Factores inter-sujetos MLG	57
Tabla 18. Pruebas de efectos inter-sujetos 1 MLG	57
Tabla 19. Análisis Tukey espumadores	58
Tabla 20. Análisis Tukey firmeza	59
Tabla 21. Análisis Tukey densidad	59
Tabla 22. Pruebas de efectos inter-sujetos 2 MLG	60
Tabla 23. Detalle estimaciones de parámetro	61
Tabla 24. Estimaciones de parámetro	61
Tabla 25. Análisis descriptivos nuevos vs usados	63
Tabla 26. Percentiles tiempo de uso	64
Tabla 27. Descriptivos tiempo de uso agrupados	65
Tabla 28. ANOVA clúster	65
Tabla 29. ANOVA clúster	76
Tabla 30. Prueba de homogeneidad ANOVA	77
Tabla 31. Análisis Games-Howell tiempo de uso	78
Tabla 32. Análisis Games-Howell altura nominal	79
Tabla 33. Análisis Games-Howell deformación relativa	80
Tabla 34. Análisis Games-Howell densidad	81
Tabla 35. Media de deformación relativa	83
Tabla 36. Análisis descriptivo tiempo de uso sistemas usados	90
Tabla 37. Percentiles tiempo de uso	90
Tabla 38. Prueba de homogeneidad de varianzas def. relativa	91
Tabla 39. ANOVA deformación relativa	91
Tabla 40. Análisis Tukey y Dunnet	92
Tabla 41. Descriptivos deformación relativa	93
Tabla 42. Análisis descriptivo tiempo de uso agrupado	94
Tabla 43. ANOVA tiempo de uso vs def. relativa	95
Tabla 44. Prueba de homogeneidad de varianzas tiempo de uso vs def. relativa	95

Tabla 45. Análisis Games-Howell tiempo de uso	95
Tabla 46. Análisis descriptivo densidad	98
Tabla 47. Análisis descriptivo densidad agrupada	99
Tabla 48. Prueba de homogeneidad de varianzas densidad vs def. relativa	99
Tabla 49. ANOVA densidad vs def. relativa	100
Tabla 50. Análisis Games-Howell densidad	100
Tabla 51. Análisis descriptivo densidad	101
Tabla 52. Análisis descriptivo firmeza casos totales	107
Tabla 53. Análisis descriptivo espumador casos totales	107
Tabla 54. Análisis descriptivo tipo de muestra casos totales	108

FIGURAS

Figura 1. Proyectos empresa Colchones Delax S.L.....	10
Figura 2. Esquema espalda según firmeza.....	12
Figura 3. Valoración firmeza según CEN	13
Figura 4. Máquina de ensayo de dureza y firmeza	14
Figura 5. Bloques poliuretano	17
Figura 6. Planchas poliéster.....	18
Figura 7. Plancha alta resistencia (HR)	18
Figura 8. Huella de memoria en viscoelásticos.....	19
Figura 9. Muelles bicónicos	22
Figura 10. Muelles hilo continuo	23
Figura 11. Muelles ensacados	23
Figura 12. Micromuelles ensacados	24
Figura 13. Proceso dunlop.....	26
Figura 14. Proceso talatay	27
Figura 15. Esquema composición sistemas de descanso.....	30
Figura 16. Numeración de muestras	31
Figura 17. Numeración MUC	32
Figura 18. Numeración MUN.....	32
Figura 19. Código espuma	32
Figura 20. Código espuma vis.....	33
Figura 21. Código espuma HS.....	34
Figura 22. Esquema posiciones sistema de descanso doble.....	35
Figura 23. Esquema variables	37
Figura 24. Esquema apoyo isquiático	38
Figura 25. Detalle plano indentor.....	39
Figura 26. Esquema calibrado y mediciones.....	40
Figura 27. Gráfico de medias repetición agrupada.....	45
Figura 28. Histograma densidad.....	49
Figura 29. Histograma densidades agrupadas.....	50
Figura 30. Histograma recubrimiento	51
Figura 31. Histograma recubrimiento agrupado	52
Figura 32. Histograma tiempo de uso	53
Figura 33. Histograma tiempo de uso agrupado	55
Figura 34. Histograma tiempo de uso sin agrupar.....	64
Figura 35. Histograma tiempo de uso agrupado	65

Figura 36. Gráfico de medias nuevo vs usado	66
Figura 37. Resumen clúster 1	67
Figura 38. Importancia predictor clúster 1	67
Figura 39. Tamaños clúster 1	68
Figura 40. Resumen clúster 2	68
Figura 41. Importancia del predictor clúster 2	69
Figura 42. Calidad clúster 3	69
Figura 43. Importancia del predictor clúster 3	70
Figura 44. Tamaño clúster 3	70
Figura 45. Distribución grupo 1 firmeza	71
Figura 46. Distribución grupo 1 espumador	71
Figura 47. Distribución grupo 1 densidad	71
Figura 48. Distribución grupo 2 firmeza	72
Figura 49. Distribución grupo 2 espumador	72
Figura 50. Distribución grupo 2 densidad.....	72
Figura 51. Distribución grupo 3 espumador	73
Figura 52. Distribución grupo 3 firmeza	73
Figura 53. Distribución grupo 3 densidad.....	73
Figura 54. Distribución grupo 4 firmeza	74
Figura 55. Distribución grupo 4 densidad.....	74
Figura 56. Distribución grupo 4 espumador	74
Figura 57. Comparación general entre clústeres	75
Figura 58. Gráfico de medias tiempo de uso	78
Figura 59. Gráfico de medias altura nominal.....	79
Figura 60. Gráfico de medias deformación relativa.....	80
Figura 61. Gráfico de medias densidad	81
Figura 62. Histograma deformación relativa	83
Figura 63. Distribución grupo 2 espumador	84
Figura 64. Distribución grupo 2 firmeza	85
Figura 65. Distribución grupo 2 densidad.....	85
Figura 66. Distribución grupo 4 espumador	86
Figura 67. Distribución grupo 4 firmeza	87
Figura 68. Distribución grupo 4 densidad.....	87
Figura 69. Gráfico de medias tiempo de uso	96

DOCUMENTO I: MEMORIA

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 Objeto

El presente trabajo forma parte de un proyecto de colaboración llevado a cabo por la empresa COLCHONES DELAX S.L junto a la Universidad Politécnica de Valencia. El proyecto tiene como finalidad relacionar la deformación obtenida en diferentes tipos de colchones, con su tiempo de uso desde que salió de fábrica, características morfológicas de los sistemas de descanso, así como con los distintos materiales que los conforman y su proceso de fabricación.

De este modo, en primera instancia se realiza una descripción de los diferentes tipos de sistemas de descanso existentes y con los que se va a trabajar, así como las propiedades físicas de ellos.

Seguidamente se realiza una descripción de la muestra de datos y de las variables que se poseen. A continuación, mediante diferentes tipos de análisis se observa con la totalidad de sistemas de descanso la relación e influencia que poseen las variables categóricas y covariables en la variable dependiente, que es la deformación relativa. De este modo se diferencia que variables discriminan e influyen más en la deformación experimentada por cualquier tipo de colchón.

Prosiguiendo con los análisis se han seleccionado únicamente los sistemas de descanso que tenían algún tipo de uso, de este modo se han podido establecer grupos que engloben a los sistemas de descanso según diferentes variables. A continuación, a partir del análisis anterior se ha buscado si existen diferencias estadísticamente significativas según las variables escala entre los grupos creados de sistemas defectuosos. A partir de los análisis mencionados se han extraído las conclusiones oportunas.

Con los análisis mencionados, se ha podido dar respuesta a la influencia del tiempo de uso y de la densidad sobre las devoluciones. Con estos resultados se puede lograr una mejora en los productos de descanso, tanto a nivel de fabricación como de diseño. Ya que con los datos obtenidos y su análisis se puede identificar y seleccionar los materiales y los procesos necesarios para mantener los más altos estándares de calidad y confort que existen en el sector.

Este proyecto se realiza con la necesidad de innovar en la investigación y el desarrollo de los sistemas de descanso. De esta forma, con lo que se ha expuesto, se brinda unos productos que se ajusten a las necesidades del cliente y que cumplan con las características de durabilidad iniciales de los sistemas de descanso.

1.2 La empresa

Elastic Confort (Colchones Delax) nace en 2005 con tres empleados. Casi 10 años más tarde, ha generado 30 puestos de trabajo directos y cerca de 100 indirectos divididos en diferentes departamentos: producción, logística, calidad, ingeniería, compras, administración, comercial, innovación y comunicación.

Tras los primeros años siguiendo la inercia del sector y fabricando principalmente para otras marcas, la compañía decide apostar fuertemente por el I+D para crear sus propios productos con el objetivo principal de cubrir las necesidades de los consumidores y solucionar alguno de los problemas más comunes en lo que se refiere a trastornos del sueño y dolencias musculoesqueléticas. Es en este momento cuando Colchones Delax S.L comienza a trabajar y colaborar con institutos tecnológicos (Instituto Biomecánico de Valencia) y universidades (Universidad Politécnica de Valencia).

Son muchos los años que la empresa lleva invirtiendo y apostando por la innovación y la tecnología en el mundo del descanso. Colaboran con instituciones y profesionales que están posicionados en los más altos estándares de calidad e innovación dentro de su ámbito profesional. Todo esto genera como resultado la realización de un proceso de elaboración impecable, ecológico, económico y eficiente.

Una de las muchas tecnologías empleadas para el proceso de fabricación en la empresa es la Identificación por Radiofrecuencia. Se trata de un sistema de almacenamiento y recuperación de datos remoto que usa unas etiquetas y transpondedores para realizar un control sobre el proceso de fabricación. De este modo, pueden conocer los aspectos claves como el tiempo de producción o la detección de errores. Incluso poder anticiparse a estos, si se detecta cualquier comportamiento anómalo.

1.2.1 Proyectos

Elastic Confort está considerada como una de las 10 empresas excelentes en innovación en Europa, y eso la ha llevado a dirigir proyectos de investigación dentro del Séptimo Programa del Marco de la Comisión Europea. Por otra parte, también han desarrollado diversos proyectos de distinta índole. Desde incorporación de un nuevo material para las superficies de los sistemas de descanso, en el proyecto Viscoinstant que se observa en la figura uno, así como el desarrollo de un tejido inteligente impregnado con millones de microcápsulas cargadas con iones negativos, en el proyecto Ionized turmalina.



Figura 1. Proyectos empresa Colchones Delax S.L

CAPÍTULO II. SISTEMAS DE DESCANSO

2.1.Introducción

Un buen producto de descanso es esencial e imprescindible para garantizar una de las funciones básicas y necesarias del ser humano, dormir. Es tan necesario que una elección incorrecta del producto o un mal uso de este puede causar tanto trastornos físicos como psicológicos. Ya que mientras se duerme se llevan a cabo funciones como el restablecimiento de almacenes celulares o la restauración del sistema nervioso central y otro tipo de tejidos.

El colchón es el elemento principal del descanso, el que garantizará lo que se ha comentado anteriormente, por lo que su elección será fundamental para que sea duradero y práctico.

En todos los colchones de la empresa se diferencian 2 partes principalmente, el núcleo y los acolchados. El núcleo es el que aporta la integridad estructural al colchón y dicta las características de soporte del producto. En cambio, los acolchados tienen como función velar por el confort y la adaptabilidad del colchón. En Colchones Delax S.L, sus productos siempre se componen de un núcleo y cinco acolchados, para cumplir con las últimas innovaciones en su campo. Estas partes que conforman cada modelo de Colchones Delax S.L serán desarrolladas más adelante.

2.2.Propiedades físicas de los colchones

2.2.1. Firmeza

La sensación de firmeza es una propiedad física de los colchones que es muy subjetiva, es decir depende del usuario que lo esté probando, de modo que un colchón será percibido como blando mientras que para otros usuarios será de la firmeza correcta. A pesar de la subjetividad de la característica, se pueden distinguir dos aspectos que determinan la sensación de firmeza, lo que se siente al acostarse, que se puede relacionar con las capas del acolchado y lo que se percibe al permanecer quietos durante un corto periodo de tiempo que se relaciona con la firmeza que posea el núcleo.

Lo más aconsejable para la salud de la espalda es un colchón que tenga una firmeza suficiente para mantener la espalda alineada, como ocurre en la imagen uno de la figura dos, si el colchón es demasiado firme no se adaptara al cuerpo como se puede observar en la imagen dos y si por el contrario es demasiado blando el cuerpo tenderá a hundirse y provocará una sensación de atrapamiento, imagen tres.

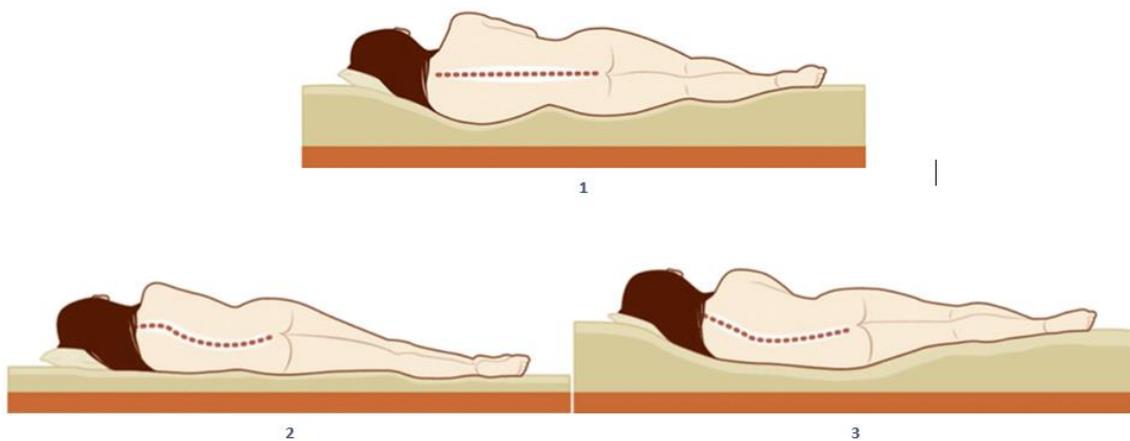


Figura 2. Esquema espalda según firmeza

A pesar de la subjetividad de esta característica, existe una norma por el Comité Europeo de Normalización (CEN) por la cual se establece una escala de firmeza del uno (más blando) al 10 (más firme). En la figura tres, se expone la escala de firmeza normalizada y la apreciación del consumidor.

VALORACIÓN DE LA FIRMEZA
SEGÚN NORMA SOBRE 10 PUNTOS

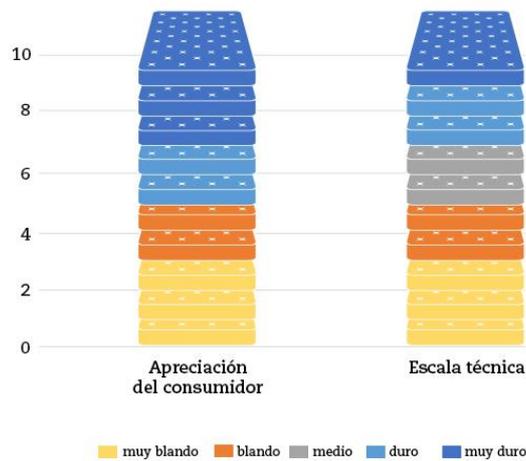


Figura 3. Valoración firmeza según CEN

El grado de firmeza puede variar a lo largo del colchón, ya que existen colchones que pueden estar fabricados con más de tres tipos de espumas, consiguiendo la firmeza deseada en cada zona crítica, como lumbares, cabezal o laterales

2.2.2. Resistencia a fatiga

La resistencia a la fatiga de los colchones es su capacidad de resistir cargas de fatiga. En general es el valor del esfuerzo que puede resistir un material durante una cantidad dada de ciclos de carga. Esta propiedad es crítica en un colchón, ya que es necesaria para mantener un buen soporte del cuerpo durante el mayor tiempo posible. Si la resistencia a fatiga de un colchón es baja, provocará que el colchón se hunda con el paso del tiempo y pierda su elasticidad junto a sus otras propiedades.

Esta propiedad está regulada por la norma UNE-EN 1957:2013 que especifica los métodos de ensayo para garantizar la durabilidad y dureza de los colchones y todo tipo de camas totalmente construidas con colchones. Establece 30.000 ciclos de un rodillo que simula el peso del cuerpo para estimar el cambio en la firmeza y en la altura del colchón, es decir cuánto se deforma. La máquina que se utiliza para estos ensayos se puede observar en la figura cuatro.



Figura 4. Máquina de ensayo de dureza y firmeza

2.2.3. Elasticidad

Esta propiedad se basa en la cualidad que poseen los colchones de ser capaces de recuperar su forma inicial después de ser deformados ejerciendo una fuerza, es decir de revertir su deformación. Los colchones de látex naturales brindan una mayor elasticidad, en cambio sí son sintéticos aportan una mayor dureza.

Existen algunos colchones que están formados por diferentes materiales o espumas dentro de su núcleo, permitiendo de este modo que varíe su elasticidad a lo largo del mismo colchón. Este diseño es muy útil para permitir que el colchón presente una elasticidad diferente en las zonas que soporta más presión, como en los lumbares, a otras zonas como en el cabezal, que está expuesto a muchas menos presiones por parte del cuerpo.

2.2.4. Aislamiento térmico

El aislamiento térmico de un colchón es esencial a la hora de optimizar la regulación de la temperatura del cuerpo humano. La temperatura del cuerpo debe permanecer constante durante el tiempo que se está dormido. Por lo que el núcleo y las capas superiores toman un papel fundamental a la hora de garantizar este aislamiento térmico. Se puede observar como las espumas sintéticas que forman el núcleo de los colchones tienen una capacidad aislante alta en contraposición a los colchones de muelles ensacados.

Esta propiedad es tan importante como la que se va a ver a continuación, y están íntimamente relacionadas, ya que un colchón tiene que ser un buen aislante, pero también tienen que ofrecer una baja resistencia térmica para poder lograr la evacuación del exceso de calor del cuerpo.

2.2.5. Permeabilidad

Es la capacidad que tienen los materiales que conforman el sistema de descanso de que una sustancia, vapor de agua, generado por la sudoración, lo atraviese sin alterar su composición.

Es importante que un colchón sea capaz de transportar el vapor de agua desde el cuerpo humano hacia el ambiente. Todos los materiales que conforman el colchón deben permitir la transición de humedad de la capa superficial, la que está en contacto con el cuerpo humano, al ambiente.

Se han encontrado diferencias muy importantes entre diferentes tipos de colchones en lo que se refiere a la facilidad con la que eliminan el vapor de agua. Los colchones que mejor se comportan desde este punto de vista son los de muelles con acabado textil. Por el contrario, los colchones de espuma son los que suelen aumentar la humedad superficial, y por consiguiente los que más dificultad tienen para el transporte del vapor de agua.

2.3. Tipos de sistemas de descanso

Los datos que se van a analizar a lo largo de este proyecto, como se comentará más adelante en la descripción de las variables, han sido tomados sobre sistemas de descanso completos o únicamente sobre el núcleo de los colchones. Los núcleos y sistemas de descanso completos que se han ensayado estaban formados por al menos uno de estos cuatro grandes grupos; espuma, viscoelásticos, muelles o de látex. En el caso de estudio, en los sistemas de descanso ensayados se pueden encontrar colchones que estén conformados por varios materiales de los mencionados o formados por un único material, monobloque. Al tratarse de grupos muy genéricos, a continuación, se expondrán con más profundidad y se tratará de realizar una comparación entre ellos según el uso que se le vaya a dar y características que conforman el núcleo y que aportan confort, firmeza o elasticidad al sistema de descanso.

2.3.1. Espumas

Conforman la mayor parte de los núcleos de todos los colchones, a excepción de los núcleos formados por muelles. Es el corazón de cada colchón, ya que aporta la firmeza en la cual se apoyan los acolchados y las otras partes que conforman un sistema de descanso.

Se trata de tipos de colchones fabricados en base a poliuretano (PU), poliéster (PES) y de alta resiliencia (HR). También pueden estar creados por materiales sintéticos que sean fabricados a partir de poliuretano o poliéster. Dentro de los colchones de espuma se engloban una multitud de tipos, características y diferentes calidades o propiedades, esto hace que se distingan entre ellos por ofrecer una menor o mayor densidad.

La variable que mejor define a los colchones de espuma sin importar el tipo de material que estén fabricados, es la densidad. Esta variable afecta a la calidad y al precio del colchón. La densidad se mide en kilogramos por metro cúbico (kg/m^3), este valor vendrá determinado del material utilizado para construir la espuma, la proporción de polímeros, el aire presente en el producto y por último los espumadores. Estos últimos también están recogidos como variables en la toma de datos.

Densidad y durabilidad:

La densidad de un colchón puede tener un efecto en la vida útil del sistema de descanso. Las espumas de densidades bajas tienden a deformarse antes y a disminuir su resiliencia. Esto se traduce en una menor durabilidad. Mientras que un colchón de alta densidad puede mantenerse en perfectas condiciones durante mucho más tiempo que uno que tenga menos densidad.

Densidad y confort:

El confort también está muy relacionado con la densidad de cada sistema de descanso además la densidad se puede relacionar con la retención de olores o calor. Las espumas de alta densidad suelen tener un tacto más viscoso. Sobre todo, aquellas con propiedades que las hacen aún más termosensibles.

En cuanto a la temperatura, las densidades más altas tienden a acumular más calor ya que contienen menos aire en su estructura. Hoy en día se pueden encontrar colchones de alta densidad que incorporan partículas de gel destinadas a mantener una sensación fresca durante toda la noche.

A continuación, en la tabla uno se pueden observar las ventajas y desventajas de las espumas.

ESPUMAS	
Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Alta variedad de rigidez y calidad ✓ Permeabilidad a la humedad media ✓ Higiénicos y transpirables en los de alta calidad ✓ Aceptable soporte del cuerpo ✓ Posible utilización sobre cualquier tipo de base ✓ Ligeros y fáciles de manipular ✓ Económico 	<ul style="list-style-type: none"> X No logran el tipo de firmeza que otro tipo de materiales X Pierden firmeza con el uso, tendiendo a hundirse con el paso del tiempo en espuma de baja densidad y/o calidad X Las espumas de baja calidad no logran una buena transpiración, provocando que no transpiren y den calor X Calurosos en verano X No están compuestas por materiales reciclables

Tabla 1. Ventajas y desventajas espumas

A continuación, se va a exponer los tres tipos de espumas utilizados en el sector de la colchonería, explicando sus características principales y cómo pueden afectar al confort y a las diferentes propiedades físicas del colchón.

2.3.1.1. Poliuretano

Este material plástico se puede moldear para que sea rígido o plástico. En la industria del colchón se fabrica a partir de un proceso químico. En esta reacción química entre diferentes sustancias se generan las burbujas que caracterizan a la espuma de poliuretano.

Gracias a la tecnología de mezcla en ciertas proporciones de sustancias, la espuma de poliuretano, que contiene en su composición el 90% del aire, adquiere las principales características, tales como elasticidad, resistencia al calor, densidad y rigidez.

El sistema de descanso de espuma de poliuretano consigue que el colchón adquiera propiedades como la adaptabilidad y la capacidad de conservar su forma original durante un largo periodo de tiempo, es decir de no verse afectado por la deformación debido a su uso continuado.



Figura 5. Bloques poliuretano

Las desventajas del uso de este tipo de espuma en los sistemas de descanso, puede ser la incomodidad del usuario, ya que este material absorbe y almacena el calor corporal. Esto puede ser un inconveniente para las épocas de verano. También se ha demostrado que un colchón fabricado con capas de poliuretano puede desprender olores y vapores químicos.

2.3.1.2. Poliéster

Los espumadores de poliéster utilizan una reacción química para formar este tipo de espumas, entre el ácido adíptico y un glicol como el dietilenglicol.

La gran ventaja de este material es su durabilidad y su facilidad de cuidado. Se trata de un material práctico que ni se estira ni se arruga y es particularmente blando. Se puede observar en la figura seis.



Figura 6. Planchas poliéster

También permite la circulación de aire y la transpiración del vapor de agua proveniente de la humedad que emana el cuerpo al dormir. Esta evaporación se debe a que el poliéster está formado por poros muy pequeños, lo que dificulta en gran medida la absorción de agua. Otra propiedad de este material en las espumas de los sistemas de descanso es la gran capacidad de almacenamiento del calor, por esta razón para mantener fresco y a una temperatura constante el cuerpo humano, cuando se trata de espumas de poliéster suelen implementar unas bolas de gel para regular la temperatura.

Como se ha comentado, la gran desventaja de esta espuma, al igual que la del poliuretano, es la poca transpirabilidad del calor, produciendo que este tipo de material almacene todo el calor proveniente del cuerpo humano.

2.3.1.3. Alta resiliencia

La espuma HR (high resilience) o de alta resiliencia es mucho más resistente que la espuma tradicional. Tiene la capacidad como se ha mencionado de resiliencia, es decir de volver a su estado inicial cuando se deja de aplicar presión sobre ella. Esta característica permite que un sistema de descanso que esté formado por espuma HR se mantenga en perfecto estado durante un periodo largo de tiempo.



Figura 7. Plancha alta resistencia (HR)

Como ocurre con otras espumas, se pueden encontrar diferentes firmezas y adaptabilidades dependiendo de su densidad. Estas variables también dependen de los acolchados que acompañen al núcleo.

Una gran desventaja de este tipo de espumas es su baja transpirabilidad, por lo que los sistemas de descanso que estén formados por este tipo de espuma tendrán más inconveniente en emanar el calor del cuerpo humano y evitar que se acumule, dándole así una sensación de incomodidad para personas que sean calurosas.

2.3.2. Viscoelásticos

Los viscoelásticos están elaborados con un material viscoso y otro elástico, y contiene infinidad de propiedades ideales para un descanso óptimo. Este material, presenta el efecto “huella de memoria”. Es decir, que cuando se ejerce presión sobre su superficie, esta se adapta a la ergonomía del cuerpo y tras cesar esta presión el material recupera su forma inicial poco a poco, tal y como se puede observar en la figura ocho.



Figura 8. Huella de memoria en viscoelásticos

Este material nunca compone en su totalidad un colchón, siempre es necesario un soporte para los viscoelásticos y otros componentes que forman el sistema de descanso. Por norma los colchones de viscoelástica son mixtos, es decir, se componen de un núcleo o carcassas que puede ser de diferentes composiciones, como espuma o muelles y luego se añaden las capas de confort de viscoelástica. Este núcleo aporta la rigidez y firmeza de sustentación a todo el conjunto.

La densidad al igual que ocurría en las espumas, es una variable de medida en los viscoelásticos, a mayor densidad no significa que aporte mayor firmeza, estas dos variables no se relacionan de forma directa. La densidad está asociada a la calidad del producto, es decir, a su durabilidad. Por lo que una densidad alta aumentará el rendimiento del colchón y alcanzará su número máximo de usos en un periodo más largo de tiempo que otro que tenga menor densidad.

Se pueden encontrar numerosas ventajas al aportar este tipo de material al acolchado del sistema de descanso. Los colchones que poseen capas de material viscoelásticos tienen una gran adaptabilidad a la ergonomía del cuerpo, adaptándose a los lugares adecuados, ideal para personas que tienen que pasar largos periodos de tiempo en la cama.

Los viscoelásticos eliminan los puntos de presión que ejerce el cuerpo sobre el sistema de descanso, ya que distribuye todo el peso del cuerpo sobre la superficie. También este material es muy utilizado en los sistemas de descanso dobles, ya que no hay transferencia de movimiento, es decir, no se perciben los movimientos de la otra persona.

Este material también tiene desventajas, por ejemplo, el peso de los viscoelásticos es muy alto en comparación con otros materiales, lo que hace complicado su transporte.

A pesar de que es un material atérmico, es decir, no genera ni frío ni calor, al ser muy denso y viscoso hace que el calor se mantenga y se acumule, provocando una sensación de calor al usuario.

Esta desventaja se puede suplir con soluciones tecnológicas que evitan este efecto caluroso sobre el cuerpo. Como es el caso de capas de tejido 3D que permite una mayor ventilación en las capas internas de los viscoelásticos. También se han introducido viscoelásticos de grafeno, que tienen una propiedad termorreguladora, solventando de ese modo, el problema de la acumulación de calor que se ha comentado.

En la tabla dos se agrupan las ventajas y desventajas comentadas anteriormente, de modo que sea más fácil distinguirlas entre ellas. Cabe recordar que los viscoelásticos se utilizan en capas, nunca pueden formar en su totalidad un núcleo.

Tabla 2. Ventajas y desventajas viscoelásticos

Se pueden establecer tres grupos según los procesos de fabricación del viscoelástico; viscoelásticas espumada, moldeada o inyectada.

2.3.2.1. Viscoelástica espumada

VISCOELÁSTICOS	
Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Alta adaptabilidad y una sensación ligeramente más firme que el látex ✓ Mayor superficie de contacto ✓ Distribución uniforme de la presión que ejerce el cuerpo sobre el colchón ✓ Independencia de lechos ✓ Mayor durabilidad que los de muelles ✓ Higiénicos, más resistentes a los ácaros 	<ul style="list-style-type: none"> X Dificultad de la movilidad X Elevado peso, debido a su densa espuma X Sensación de calor debida a su alta superficie de contacto X Menos económicos que otros tipos de sistemas de descanso

El proceso de fabricación de este tipo de viscoelástico se produce mediante una reacción química, vertiendo los productos en una superficie abierta y al reaccionar los componentes con el aire del ambiente se expanden. Tras el proceso el viscoelástico se corta de la manera deseada. Este proceso a nivel de acabado es el más imperfecto y no se puede garantizar una densidad homogénea a lo largo de todo el producto. Esta distribución desigual en el producto puede provocar deformaciones prematuras en el sistema de descanso. Aunque en este proceso se generan poros más abiertos, esto permite una mayor circulación del aire, solucionando una de sus mayores desventajas.

2.3.2.2. Viscoelástica moldeada

En este caso, la reacción química tiene lugar en un molde cerrado. Los moldes pueden tener la forma final del producto o ser más grandes para cortarlos en diferentes piezas. Al realizarse a molde cerrado, el resultado final es un acabado más suave y compacto que en la espumada. Además, se consiguen bloques que tienen densidad homogénea. A pesar de ello aparece el inconveniente del tamaño de poro demasiado pequeño, provocando que la circulación de aire sea muy lenta y que acumule el calor del cuerpo.

2.3.2.3. Viscoelástica inyectada

Es aquella en la que se hace con el uso de un molde único para la fabricación de cada colchón o almohada. El coste lógicamente es mayor, pero el acabado es perfecto y liso. A pesar de ello las sensaciones finales en el descanso de los usuarios

son muy parecidas a las viscoelásticas obtenidas por el proceso de molde, por lo que no es muy habitual encontrar productos fabricados con este tipo de proceso.

2.3.3. Muelles

Este material es una de las opciones más clásicas en el sector de la colchonería. Los muelles conforman el núcleo de los sistemas de descanso, aportando rigidez y firmeza entre otras características. Bien es cierto que hoy en día, se suelen utilizar combinación de muelles con otros materiales que aportan confort, como podría ser el viscoelástico, este último aportaría suavidad y adaptabilidad y por otro lado los muelles que se situarían en el núcleo servirían de soporte a esta capa de confort.

Una de las ventajas del uso de muelles en los núcleos de los colchones es el precio, ya que suelen ser una de las opciones más económicas en el mercado. Además, mantienen su calidad. Gracias al avance de la tecnología, los muelles ya no son lo que eran antiguamente. En el pasado estos muelles se deformaban, provocaban ruidos o transmitían una sensación de soporte desigual e incómodo. Hoy en día gracias a los procesos de fabricación y los materiales empleados se pueden alcanzar los estándares de calidad que ofrecen otros tipos de sistemas de descanso.

Una cualidad muy importante de este material, es su alta transpirabilidad. Los colchones con muelles ofrecen una ventilación óptima, evitando de este modo la acumulación de calor como en el caso de las espumas y la proliferación de ácaros y bacterias.

Como cualquier tipo de colchón, estos también tienen algún aspecto negativo. En el este caso los colchones de muelles poseen un promedio de durabilidad inferior a los sistemas de descanso formados por otro tipo de material, ya que los muelles suelen perder la capacidad de sostén más deprisa que los otros materiales.

Se pueden observar todas los beneficios y las desventajas del uso de los muelles en el núcleo del colchón en la tabla tres.

MUELLES	
Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Alta transpirabilidad ✓ Mayor superficie de contacto ✓ En muelles ensacados, hay independencia de lechos ✓ Más fáciles de reciclar que las espumas ✓ Elevada elasticidad ✓ Elevada firmeza ✓ Económicos 	<ul style="list-style-type: none"> X Baja durabilidad, pérdida de elasticidad de los muelles. X Bajo aislamiento térmico X Menor superficie de contacto X En algunos tipos de muelles, distribución de presiones poco uniforme, aparición de puntos de presión X Ruidosos en algunos tipos de muelles

Tabla 3. Ventajas y desventajas muelles

En el mercado actual se encuentran diferentes tipos de muelles, que aportan unas propiedades únicas al núcleo del colchón. Entre ellos se encuentran; muelles bicónicos, muelles de hilo continuo, muelles ensacados y micromuelles ensacados. A continuación, se va a exponer sus características.

2.3.3.1. Muelles bicónicos

Estos muelles son independientes y tienen una forma muy particular. Se encuentran en posición vertical y son más estrechos en la zona central, adoptando la forma de reloj de arena. La conexión entre los muelles se realiza mediante hilos de acero. Esto se puede observar de manera visual en la figura nueve.



Figura 9. Muelles bicónicos

En principio son muy firmes y resultan flexibles por su forma bicónica. Aunque presentan un mayor hundimiento que los colchones de muelles de hilo continuo o ensacados. Tampoco se adaptan a la morfología del cuerpo humano y tienen muchos riesgos de rotura por su configuración. Se utilizan en los colchones de gama baja.

2.3.3.2. Muelles de hilo continuo

En este caso los muelles están en una carcasa formada por un solo hilo continuo. Este hilo se distribuye en forma de Z, a lo largo de toda la estructura que conforma el núcleo, tal y como se observa en la figura 10 y esto proporciona una gran consistencia. Se puede afirmar que, a mayor densidad del hilo, mayor calidad tendrá el colchón ya que se evita de este modo que se generen huecos.

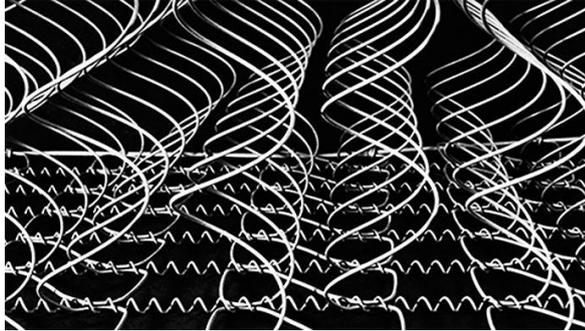


Figura 10. Muelles hilo continuo

Estos muelles se diferencian de los otros tipos por la independencia de lechos que ofrecen, además de tener una alta durabilidad y adaptabilidad al cuerpo. Esta adaptabilidad se consigue ya que se modifica su firmeza y soporte en función de la presión recibida. Es el sistema de amortiguación con mayor firmeza.

El único inconveniente respecto a los otros tipos de muelles es su elevado precio, pero esto se debe a que son de una mayor calidad.

2.3.3.3. Muelles ensacados

Se componen de cientos de muelles diferentes alineados entre sí, se encuentran en sacos o bolsas de tejido no tejido, y estas están cosidas entre ellas, se encuentran adecuadamente distribuidos para evitar de esta manera el roce entre ellos.



Figura 11. Muelles ensacados

Cada fila de muelles se une a la otra a través de un punto central. Estos muelles absorben totalmente el peso y movimiento sin transmitirlo al resto del colchón.

Cada grupo de muelles trabaja de forma independiente, aportando de esta manera a cada zona del cuerpo el soporte necesario. Un mayor número de muelles ensacados se traduce en una mayor distribución del peso y una mejor adaptabilidad.

Al usar este tipo de muelles en los núcleos de los sistemas de descanso se logra un mayor ventilación y transpiración, además de mantener una gran firmeza. La ventaja más notable en los muelles ensacados es la independencia de lechos, que es superior incluso a los muelles de hilo continuo. Esto hace que, en las camas dobles, el movimiento de una persona no se transmita a la otra. Además, no se oyen ruidos, algo que si ocurriría con los muelles bicónicos.

2.3.3.4. Micromuelles ensacados

Estos muelles son parecidos a los muelles ensacados, ya que usan el mismo principio. Lo único que se les diferencia es en su diámetro reducido, de ahí su nombre de micromuelles. Este sistema consiste en un bloque de pequeños muelles ensacados con disposición de panel de abeja. Al ser más pequeños, los micromuelles aportan una adaptabilidad extrema, y por ende una mayor sensación de confort.



Figura 12. Micromuelles ensacados

Este tipo de sistema también permite una ventilación constante durante el descanso y un gran reparto del peso debido a su estructura independiente. Este tipo de sistema sería útil para personas calurosas y de mayor peso.

2.3.4. Látex

Este material lleva en el mercado de la colchonería desde hace mucho tiempo, al comienzo del uso de este material los colchones eran demasiado pesados, debido a la densidad del material y por lo tanto su precio era elevado.

Se fabrica a partir de la resina del árbol del caucho, una vez se extrae esta resina se mezcla con endurecedores y antioxidantes. La cantidad de látex que suele tener un núcleo de un sistema de descanso es variable, suele ir de un 20% a un 97% de este producto, siendo la restante espuma sintética.

Este tipo de material ofrece un gran alivio para personas con dolores o problemas de espalda. Son muy buenos aislantes del movimiento, por lo que se recomiendan para camas dobles. Tiene alta resistencia al hundimiento, posee una firmeza media/alta, aun así, sigue siendo un material muy confortable y con gran adaptabilidad.

En el mercado se utiliza dos tipos de látex, el natural y el sintético. El látex natural proviene como se ha comentado anteriormente de la resina del árbol, en cambio el sintético proviene del petróleo. Las propiedades de cada uno son muy parecidas, pero el natural ofrece una mayor calidad

Los problemas del látex natural es que requiere más cuidados, al ser más delicados a la humedad y a la necesidad de transpiración. Al ser un material orgánico, si no se ventila continuamente puede llegar a coger moho y deshacerse con mayor facilidad. En buenas condiciones de ventilación la vida útil de núcleos al 97% de látex suele estar entre los 7 y 9 años. Por la razón comentada, el látex más extendido es el de 20% resina natural y 80% sintético, esto produce un núcleo muy estable, de fácil mantenimiento y buen precio.

LÁTEX	
Ventajas	Desventajas
✓ Resistencia al hundimiento	X Necesidad de transpiración óptima
✓ Tacto suave	X Baja independencia de lechos
✓ Distribuyen la presión del cuerpo	X Poco económicos
✓ Antialérgicos	X Mantenimiento cuidadoso

Tabla 4. Ventajas y desventajas látex

Por otra parte, los colchones con más proporción de látex sintéticos son ligeramente calurosos en verano, ya que la transpirabilidad es menor. En cuanto a la dureza y el tacto suele ser igual que la combinación anterior. En la tabla cuatro se encuentran expuestas las ventajas y desventajas de este material en los sistemas de descanso.

Las combinaciones de este material pueden ser tres a la hora de conformar el núcleo de un sistema de descanso. El núcleo puede estar formado en su totalidad por látex, ya sea natural o sintético. Este tipo de colchones son los menos comunes del mercado, y los menos accesibles económicamente hablando. Al estar formados al 100% de látex, proporcionan un buen aislamiento al movimiento y no tienen inconveniente de emisión de gases, como se ha mencionado con colchones de espuma o viscoelásticos.

Otro tipo de colchón, es el látex sobre espuma, lo que se denomina híbrido. La capa superior del colchón está formada por una capa delgada de látex que descansa sobre una base de espuma más gruesa que sirve como sustento. Este tipo de sistema de descanso es más económico que los anteriores y mantienen algunas características que los de puro látex.

La última combinación de este material, es espuma sobre látex. Este tipo también es un híbrido, pero a diferencia del anterior la capa superior es de espuma y descansa sobre una base de látex más gruesa.

Según los métodos de procesamiento y fabricación del látex se puede encontrar dos tipos, Dunlop y Talatay. Estos nombres corresponden a diferentes procesos de fabricación del núcleo de látex en un sistema de descanso.

2.3.4.1. Dunlop

Este proceso se realiza a partir del suero puro o la savia que se extrae de la corteza del árbol de caucho. Durante el proceso se mezcla con aire y se bate en una centrifugadora produciendo de este modo la espuma. Esta se vierte en un molde, que se tapa y se calienta mediante vulcanización. El enfriamiento se realiza de manera natural. Este proceso hace que, por sedimentación, los sedimentos naturales de la mezcla se depositen al fondo del molde, provocando una mayor firmeza en el interior del núcleo, dejando un acabado general suave, más duro y firme en el fondo.



Figura 13. Proceso dunlop

Con este método se pueden regular los niveles de firmeza que se deseen ya que se puede controlar el aire inicial que se inyecta a la mezcla.

2.3.4.2. Talatay

Este tipo de proceso es similar al anterior, pero añade algunos pasos adicionales. Acto seguido de que el líquido se haya vertido en el molde, este se cierra herméticamente creando el vacío, homogeneizando de esta manera la mezcla en el molde, esto provoca que las moléculas se repartan uniformemente y aumenten su tamaño.

A continuación, la mezcla se somete a un proceso de congelación a -28°C . Gracias a este proceso se rompe la membrana externa de las células y de este modo se consigue una estructura celular abierta.

Posteriormente se realiza el mismo paso de vulcanización que en el Dunlop, y se deja enfriar de manera natural.



Figura 14. Proceso talatay

El proceso Talatay proporciona un látex con excelentes propiedades para el descanso, y una estructura más abierta que el Dunlop. Como se puede observar en la figura 14, que se trata de un corte transversal, en el que se pueden apreciar los orificios que facilitan esta transpiración extra y estructura abierta.

2.3.5. Tabla comparativa

A continuación, en la tabla cinco se puede observar por un lado los diferentes tipos de sistemas de descanso, y por otro las propiedades físicas de los colchones. Hay una escala de puntos que indica el grado en el que los diferentes materiales que conforman los sistemas de descanso cumplen con las propiedades físicas que deben poseer los colchones. Yendo de malo, un punto a muy bueno con tres puntos.

	Espumas	Viscoelásticos	Muelles	Látex
Firmeza	●●	●	●●●	●●
Resistencia a fatiga	●	●●	●●	●●
Elasticidad	●●	●●●	●●	●●●
Aislamiento térmico	●●	●●	●	●●●
Permeabilidad	●●	●	●●●	●

Tabla 5. Tabla comparativa diferentes materiales

●Malo ●●Bueno ●●●Muy bueno

Como se puede apreciar en la tabla, cada material destaca en alguna propiedad, pero tiene desventaja en otra. Por lo que en la mayoría de los casos se usan una combinación de los expuestos. Es decir, se puede realizar un sistema de descanso que posea el núcleo de muelles para aportar firmeza, y añadirle unas capas de confort formadas por viscoelásticos o látex para así contrarrestar el efecto poco aislante de los muelles y su baja elasticidad.

2.4. Componentes de los sistemas de descanso

Para poder comprender de qué modo, los diferentes materiales mencionados en el epígrafe anterior, conforman un colchón. Es necesario explicar su estructura y las partes que lo componen.

El ejemplo que se va a exponer se trata de un tipo de sistema de descanso ofrecido por la empresa Colchones Delax S.L. Se ha elegido este modelo, ya que en la base de datos que se dispone, la mayoría de muestras están compuestas por espumas.

Las capas identificadas como uno, dos y tres de la figura 15, se corresponden a capas de confort o de revestimiento. Estas capas de material son las que diferencian cada modelo de sistema de descanso. Es decir, varios modelos pueden estar formados por el mismo tipo de espuma, pero las capas de revestimiento que son las que aportan confort y hacen que sean diferentes modelos. Es conocido que, las capas superiores están compuestas por materiales muy suaves. Es decir, materiales que no experimentan resistencia a la compresión y aportan el confort y revestimiento a la espuma.

Por otro lado, las capas cuatro y seis se corresponden a un tejido TNT. Es decir, tejido no tejido. Todos los sistemas de descansos estudiados poseen estos dos tejidos, la finalidad es aportar una de las propiedades que se ha mencionado, la transpirabilidad. Ya que, por ejemplo, con las capas de confort al ser materiales suaves como la viscoelástica, hacen que la transpirabilidad del sistema en su conjunto baje y por eso sea necesario colocar esta capa justo después de las capas de revestimiento.

El componente más importante para el estudio que se va a realizar está identificado con el número cinco. Este representa el núcleo del sistema de descanso, el que aporta la firmeza. En las muestras que se poseen, como se verá más adelante, se estudia únicamente el núcleo del colchón o el colchón completo. Por lo que habrá que tener en cuenta como afectarán a las muestras del conjunto las capas de revestimiento frente a las muestras que están tomadas únicamente sobre el núcleo.

El componente ocho, en este caso también se trata de una capa de confort. Pero se encuentra en la parte inferior del sistema de descanso. En la mayoría de los modelos, este componente, se utiliza para regular la temperatura y la transpirabilidad.

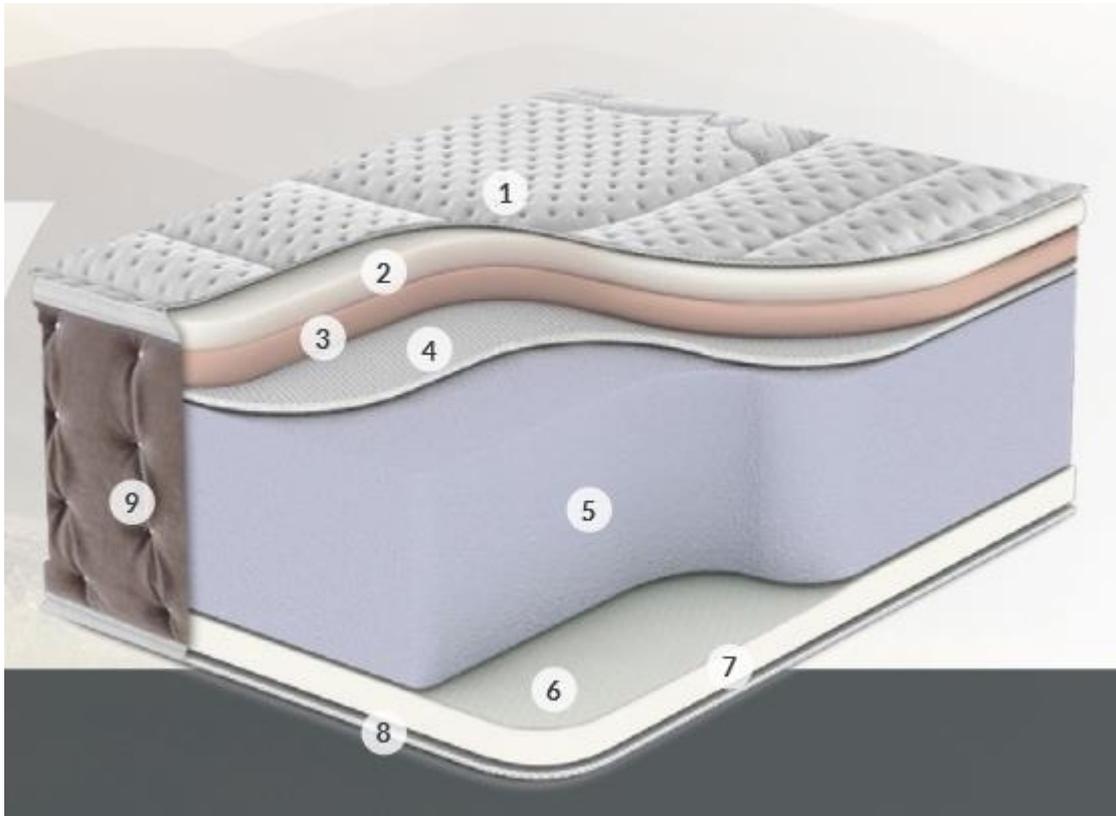


Figura 15. Esquema composición sistemas de descanso

CAPÍTULO III: VARIABLES

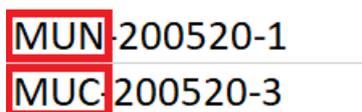
3.1. Introducción

Los datos de la deformación que han sido medidos dependen de una serie de variables, tanto cuantitativas como cualitativas. A continuación, se va a exponer la nomenclatura y el significado de las variables que se encuentran en la base de datos. Por otro lado, se explicará cómo se realizaron las mediciones de los datos de la deformación en los diferentes sistemas de descanso, exponiendo las características del apoyo isquiático y los procedimientos de medida.

3.2. Descripción de las variables

3.2.1. Muestra

Cada muestra que se ha tomado se ha diferenciado en dos grandes grupos, que se diferencian por tres letras que preceden el nombre la muestra. Se tienen las muestras MUC y las MUN.



MUN	200520-1
MUC	200520-3

Figura 16. Numeración de muestras

Las muestras que van precedidas por las letras MUC se refieren al ensayo de un colchón completo, es decir formado por el núcleo y su revestimiento. Este revestimiento dependerá de cada modelo del sistema de descanso. El revestimiento puede contener de una a tres capas de un material suave.

Por otra parte, se tienen las muestras MUN que identifican a las muestras que se han ensayado solo con el núcleo del colchón. Es decir, solo se han tomado datos de la espuma o los muelles ensacados que conforman el núcleo del colchón, no lleva ningún tipo de revestimiento, por lo que no hay materiales que influyan en las características y propiedades del núcleo.

De esta variable se ha creado una nueva denominada tipo de muestra, que indica si una muestra es MUC o MUN. Los tipos de muestras de colchones completos (MUC) estarán categorizados por el valor uno, y los sistemas que solo se compongan del núcleo (MUN) se identificará por el valor cero.

Por otra parte, a continuación de las siglas anteriores se encuentran una serie de números, estos números representan la fecha en la que se tomó los datos de la deformación del colchón.

MUC-01062020

Figura 17. Numeración MUC

Por ejemplo, la muestra de la figura 17, indica que se trata de una toma de datos sobre un colchón completo y que se realizó el 1 de junio de 2020. En algunas muestras el indicativo de la toma de datos de ese sistema de descanso en lo que se refiere al año puede estar de manera contraída, en vez 2020 ser 20.

A continuación, al lado de los números comentados, se encuentra un guion que separa de una cifra que va del 1 al 10, estas cifras representan el número de colchones que se midieron ese día.

MUN-2905203

Figura 18. Numeración MUN

En el caso de la figura 18, se tratará de la tercera vez que se ensaya el mismo tipo de colchón el día 29 de junio de 2020, debido a que tres usuarios han devuelto el mismo sistema de descanso.

3.2.2. Espuma

Esta variable es de especial importancia, ya que indica, como se verá a continuación en su explicación, numerosos factores que pueden estar relacionados con la durabilidad y la resistencia a la deformación con el paso del tiempo en los sistemas de descanso.

Las variables de la espuma están indicadas por un código alfanumérico. El primer tipo, se compone por un número de dos cifras seguido de una letra que puede ser D o S.

26D20,4

Figura 19. Código espuma

En este caso, el primer número, con el recuadro en rojo en la figura 19, siempre va a indicar la densidad de la espuma del sistema de descanso. Esta densidad se mide en kg/m^3 .

Por otro lado, la letra que en este caso es D, lo que indica es que se trata de una espuma de naturaleza dura. En cambio, también puede haber espumas que posean la letra S, que indicarían que se trata de una espuma suave. También existen espumas intermedias en la base de datos, con la letra I. Lo que representa que una espuma sea dura, intermedia o suave es la firmeza que va a tener esa espuma, y depende del gusto de cada usuario. No significa que a mayor dureza menor deformación relativa experimentará el sistema de descanso, estas variables no están relacionadas de este modo.

El último número del tipo de espuma, indica la altura en centímetros de la espuma. En el caso de la figura 19, si la muestra es de 20,4, quiere decir que la altura de esa espuma

es de 204 milímetros. Esta altura también determina de qué modo y cuánto se deforma un colchón, ya que al tener más altura puede resistir más tiempo.

En algunos casos la nomenclatura varía ligeramente, cuando se trata de espumas con viscoelástica, tal y como se observa en la figura 20.

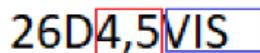
The image shows the code '26D4,5VIS' where '26' is enclosed in a red box and '4,5' is enclosed in a blue box. The 'VIS' part is not boxed.

Figura 20. Código espuma vis

En este caso se tratará de una espuma de 26 kg/m^3 , dura y de 45 milímetros de espesor de una capa viscoelástica en la parte superior del sistema de descanso.

La espuma de los sistemas de descanso se caracteriza por las siguientes variables:

Densidad

Tal y como se ha explicado anteriormente, la variable densidad aparece en los primeros números de la variable espuma. Esta densidad está medida en kg/m^3 e indica la durabilidad y la calidad del sistema que se está estudiando.

Firmeza

Se trata de una variable cualitativa que indica la firmeza de los colchones. Se poseen tres tipos de firmeza; dura (D), suave (S) e intermedia (I). Como se ha expuesto, la firmeza depende de la percepción del usuario al utilizar el sistema de descanso, y no está relacionada con la durabilidad del colchón.

Altura espuma

Proporciona información muy valiosa a la hora de analizar los diferentes sistemas de descanso. Es una variable continua que se mide en milímetros y como su propio nombre indica mide la altura que tiene cada espuma que conforma los sistemas de descanso.

3.2.3. Espumador

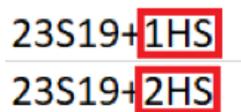
Esta variable identifica a los diferentes proveedores de espuma que tiene la empresa COLCHONES DELAX. Es una variable dependiente de la deformación relativa y también de la durabilidad de los sistemas de descanso. Esto se debe a que según el espumador que se use, puede obtenerse diferentes resultados en cuanto a la durabilidad de los colchones.

Los proveedores de espumas son los siguientes; Euroespuma, Interplasp, Torres y Promecol. Todas estas empresas producen productos para generar espumas de poliuretano.

3.2.4. Modelo

La variable modelo proporciona información sobre el tipo de sistema de descanso que se está analizando. Observando esta variable se puede conocer las capas de la tapa del colchón. Estas capas son láminas de 1.8 cm de espesor, que están formadas por una espuma muy suave, aportando sensación de confort al usuario.

A pesar de que algunos modelos están identificados con el nombre comercial del sistema de descanso, hay otros que se indican nombrando a la espuma y se les suma un término, como se observa en la figura 21.



23S19+1HS
23S19+2HS

Figura 21. Código espuma HS

En este caso, el primer modelo tendría una capa de espuma hypersoft y el segundo dos capas de esa misma espuma, de 1.8 cm cada una.

3.2.5. Uso

Esta variable indica el propio uso que ha tenido el sistema de descanso antes de la devolución. Con esta variable no se sabe exactamente cuánto tiempo se ha usado, pero sí que se conoce el tiempo de vida del sistema de descanso, ya que se tiene la etiqueta de cuando se fabricó ese colchón. COLCHONES DELAX S.L trabaja bajo pedidos vendidos, por lo que se puede afirmar que una vez un sistema de descanso salga de planta no van a pasar más de 30 días sin que se empiece a utilizar. Este uso hace referencia a que el colchón ha sido desembalado y usado durante los meses que indica la base de datos.

3.2.6. Tiempo de enrollado

Esta variable indica los días que el sistema de descanso ha estado enrollado. Los sistemas de descanso para ser transportados y entregados a los clientes se embalan y se enrollan. Por lo que cuando se encuentren datos de este tipo, harán referencia a unos sistemas de descanso que no han sido usados, pero sí que han estado enrollados. El hecho de que estén enrollados durante un tiempo, hace que espumas que sean de baja densidad, como la mayoría que se están estudiando, pierdan algunas de las propiedades físicas del colchón.

Por lo que esta variable está muy relacionada con la deformación relativa, más adelante se podrá observar comparaciones de mismos sistemas de descanso, pero de diferentes usos para ver como de influyente es el uso en la durabilidad de los colchones.

3.2.7. Posición

Esta variable indica los puntos del sistema de descanso donde se han tomado los datos de la deformación. La posición se identifica con una serie numérica del 1 al 4. Según el tipo de sistema de descanso poseerá todas las posiciones o solo algunas.

El criterio de los valores en esta variable puede cambiar según se refiera a colchones dobles o a individuales.

En los colchones dobles, se han identificado como posición número uno, a la deformación medida en la zona de la cadera de uno de los lados. Esta posición es la que mayor deformación relativa experimenta, suele ser la del hombre de la pareja en la mayoría de los casos. Seguida de esta posición se encuentra la dos, que es la segunda que más deformación relativa experimenta y se relacionaría con la posición de la cadera de la otra persona que ocupa el sistema de descanso doble. Se puede decir que estas dos medidas son significativas a la hora de realizar comparaciones, ya que la posición del sistema de descanso que se está midiendo es la que mayor peso soporta y por ende la que más desgaste y más rapidez de pérdida de firmeza posee.

Por otro lado, se encuentran las posiciones tres y cuatro, que se relacionan con la parte del colchón del cabezal. Estas posiciones tienen una diferencia significativa en cuanto a deformación con las anteriores expuestas. Esto es debido, a que son medidas tomadas donde se posicionan las cabezas de los usuarios, por lo que experimentarán una deformación mucho menor que las anteriores. Estas medidas son estrictamente necesarias, ya que proporcionan una información muy valiosa.

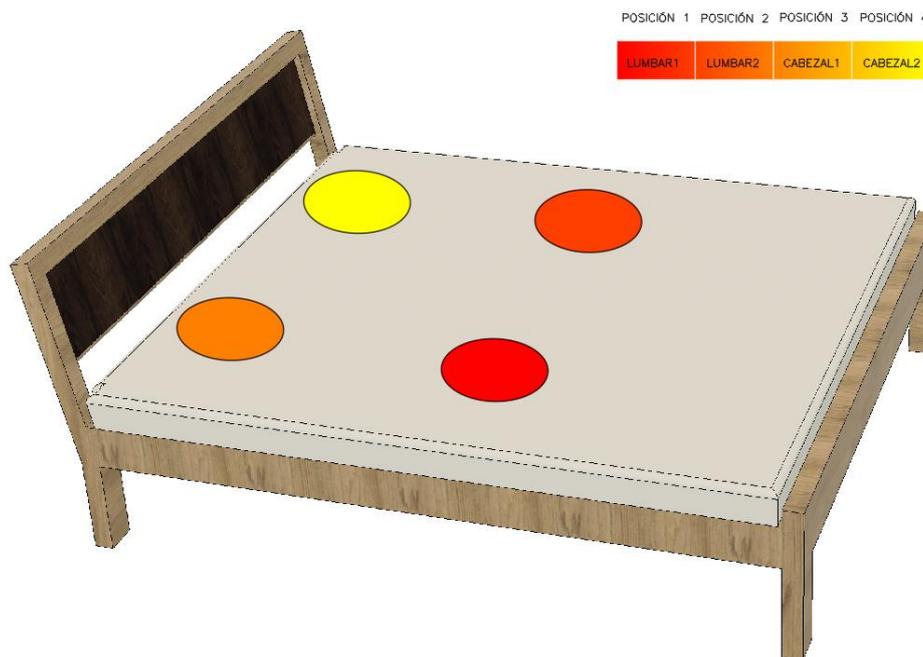


Figura 22. Esquema posiciones sistema de descanso doble

Se puede aplicar lo que se ha expuesto a la Figura 22. En ella se puede observar un esquema de un colchón doble, y ver en qué posiciones del sistema de descanso se han tomado las deformaciones relativas. Se observa una degradación de color según la deformación experimentada, siendo la de color rojo la que más deformación experimenta y color amarillo la que menos. Claramente se puede apreciar como las posiciones que se encuentran en la zona lumbar, son las más afectadas por la deformación. En cambio, las posiciones que pertenecen al cabezal experimentan una deformación menor.

3.2.8. Repetición

Se trata de una variable numérica que comprende valores desde el uno hasta el 10. Estos valores expresan la cantidad de veces que se ha tomado una misma medida en una misma posición y con un mismo sistema de descanso. Se toman diversas medidas para poder generar trazabilidad y obtener datos de la deformación relativa más fiables

3.2.9. Deformación

Esta variable se encuentra expresada en milímetros e indica la altura que posee el sistema de descanso respecto a la base en la que se realiza el ensayo una vez ha sido deformado por el apoyo isquiático. Esta variable está relacionada con las dos que se van a mencionar a continuación.

3.2.10. Altura nominal

También se encuentra expresada en milímetros, y expresa la altura que tiene el colchón sin ser deformado en el mismo apoyo donde se realiza el ensayo.

Esta variable proporciona información esencial a la hora de hacer comparaciones entre sistemas de descanso que están formados por la misma espuma, pero son modelos diferentes, ya que realizando la diferencia entre la altura nominal y la altura de la espuma se obtiene la altura de recubrimiento o capas de confort que tiene cada modelo.

3.2.11. Altura recubrimiento

Esta variable se calcula realizando la diferencia entre la altura nominal y la altura de la espuma. De este modo se puede saber cuántos milímetros de capas de confort tiene el sistema de descanso, y cómo influye esto en la deformación experimentada. La altura de las capas de confort tiene especial influencia en la toma de datos de la deformación, ya que suele estar conformadas por materiales muy suaves que no experimentan resistencia a la compresión y se deforman con facilidad.

3.2.12. Deformación relativa

Esta última variable expresada en milímetros surge de la combinación de las dos anteriores. La deformación relativa que ha sufrido un colchón en una posición determinada se halla mediante la diferencia entre la altura nominal (sin deformación) y la deformación.

Esta variable es la que se utilizará para realizar el análisis de datos en función de las otras variables dependientes que se han expuesto anteriormente.

$$\text{Deformación relativa} = \text{altura nominal} - \text{deformación}$$

El conjunto de datos y variables quedaría conformado tal y como muestra la figura 23:

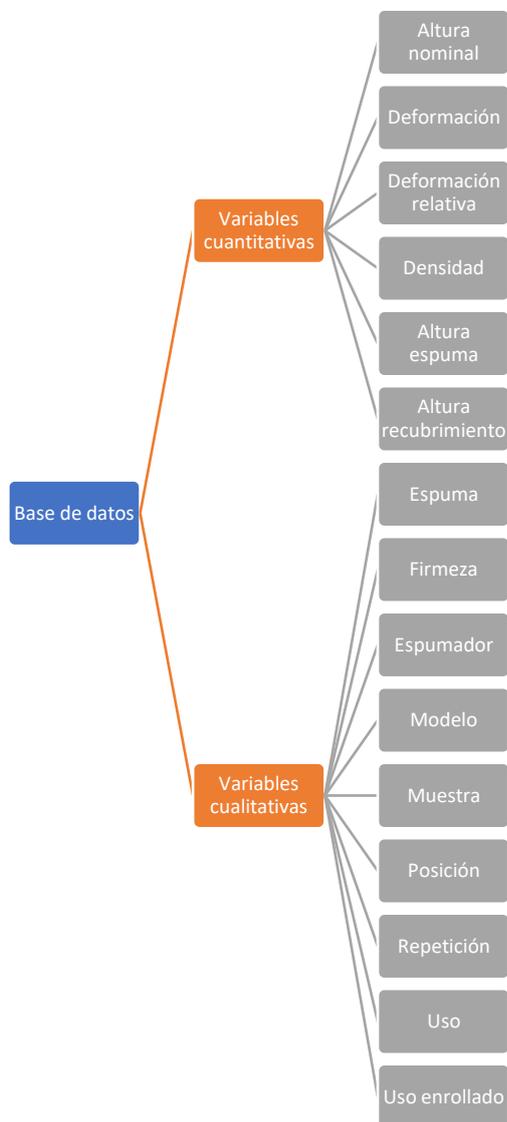


Figura 23. Esquema variables

3.3.Toma de medidas de la deformación

En el siguiente epígrafe por un lado se va a exponer la máquina usada para realizar la medida de las deformaciones relativas en los diferentes sistemas de descanso y por otro lado se explicará el proceso de medición de esta deformación.

3.3.1. Equipo de medición

En este apartado se expone las partes que conforman el apoyo isquiático que se ha usado para poder tomar las medidas de la deformación relativa en los diferentes sistemas de descanso.

Para empezar la superficie de ensayo se trata del suelo de cerámica rígido, horizontal y plano, para aumentar la fiabilidad de la toma de datos.

Cabe destacar que el diseño y el montaje del apoyo isquiático fue subcontratado a la empresa Inlemar, esta empresa se encarga del diseño y fabricación de maquinaria especial. Por lo que siguiendo con las especificaciones del equipo de Colchones Delax S.L se llegó a construir el apoyo isquiático. Este equipo de medición se describe a continuación.

La estructura del equipo se basa en unas viguetas de aluminio. Estas estructuras forman parte de dos patas que se apoyan sobre dos apoyos cada una, y a su vez estas patas están unidas por una barra central, en la que hay un espacio transversal en medio. Sobre la barra mencionada, en su centro se encuentra una carcasa que forma un prisma rectangular y está compuesta por chapas de aluminio. Dentro de esta carcasa se encuentran las dos barras que hacen desplazarse en el plano vertical el disco de ensayo, que proporciona las medidas de la deformación de los sistemas de descanso. Se muestra la estructura descrita en la figura 24.

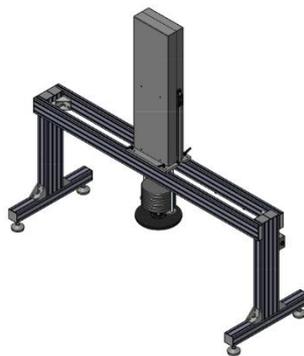


Figura 24. Esquema apoyo isquiático

El accionamiento para que el disco se desplace en el plano vertical es un pulsador neumático manual que acciona una válvula con las dos posiciones posibles, abierto o cerrado. Esta válvula tiene la función de dejar pasar el aire a presión, que se encuentra en un depósito, hacia los cilindros que sujetan el disco donde se encuentran los pesos. De este modo se produce el ascenso y descenso del disco. Es necesario mencionar que el sistema neumático no ejerce presión alguna sobre las superficies de los sistemas de

descanso, ya que de ello se encargan los pesos colocados sobre el indentor. La única función del sistema neumático es hacer subir y bajar el disco que ejerce presión de manera atenuada con el tiempo.

Una parte esencial para la toma de datos, es el dispositivo que proporciona la medida que ha tomado el disco. Se encuentra en la parte lateral del prisma rectangular, y se trata de un metro electrónico que mide el desplazamiento de las barras que se encuentran dentro de la estructura rectangular. De este modo, cuando las barras que sostienen el disco para el ensayo se desplacen hacia arriba o hacia abajo, el desplazamiento quedará reflejado en la pantalla del dispositivo de medición en forma de milímetros.

Por otra parte, siguiendo con la descripción del sistema de medición, se encuentra el disco que ejerce la presión para la deformación de los colchones. A partir de ahora se identificará con el nombre de indentor. Se trata de un objeto rígido circular, en el caso de estudio de 200 milímetros de diámetro, cuya superficie tiene una curvatura esférica convexa de 300 milímetros de radio, con 12 milímetros de radio frontal. El indentor está formado en su totalidad por polipropileno, para que el ensayo se asemeje lo máximo posible al asiento de una persona. A continuación, en la figura 25 se muestra un detalle del dispositivo descrito.

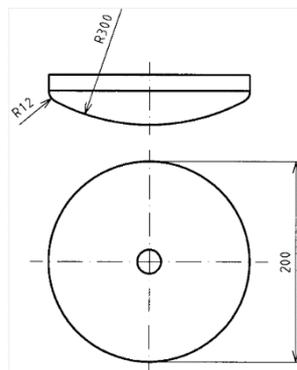


Figura 25. Detalle plano indentor

Siguiendo con la descripción, en la parte superior del indentor se encuentra la carga que va a hacer deformar los colchones. Esta carga se haya distribuida en forma de pesas individuales que llegan al valor de los 70 kg, suministrando una fuerza de 686 N sobre la superficie de los sistemas de descanso. Se trata de pesas circulares con un orificio en su parte central y se acoplan al indentor a través de una estructura cilíndrica que emerge del disco.

Una vez se ha expuesto las partes más características del equipo de medición, se procede a la descripción del funcionamiento del equipo.

3.3.2. Mediciones

El apartado expuesto a continuación es de especial importancia, esto se debe a que los análisis que se realizarán dependen en gran medida del modo y la calidad de las mediciones realizadas sobre los sistemas de descanso.

Para realizar las mediciones y completar la base de datos de la deformación relativa de los colchones devueltos fui guiado por el responsable de calidad de la empresa. En la empresa analicé espumas extraídas de sistemas de descanso que habían sido devueltos, así como algunos sistemas de descanso que eran totalmente nuevos.

La forma en la que se operaba era la siguiente, cada espuma estaba identificado con el espumador o proveedor y las características de la espuma. También se conocía el tiempo de uso que había experimentado esa espuma.

Para tomar las medidas oportunas se sigue una metodología concreta y se repite con cada sistema de descanso que se ensaya. Antes de medir cualquier espuma se tiene que calibrar el equipo de medición, esto se realiza llevando el disco de poliuretano hasta la superficie cerámica, que en el caso de los ensayos realizados se trata del suelo. Una vez el apoyo ha tocado el suelo, se calibra el dispositivo electrónico de medida marcando como referencia la superficie del suelo como cota cero. De este modo cuando el disco ascienda para permitir que se introduzca una espuma de una determinada altura nominal, marcará los milímetros que asciende y por tanto dará la altura de la espuma.

En el esquema de la figura 28, se puede observar cómo se calibra en una primera instancia, en la imagen de la izquierda. Para medir, el sistema de medida se eleva hasta la máxima altura y, tras depositar la espuma, cuya altura nominal se conoce previamente, se deja caer a velocidad controlada hasta posarse sobre la espuma. El disco va comprimiendo la espuma hasta que se detiene. En ese momento el dispositivo registra la medida hasta el suelo, que se corresponde con la deformación, esta medida queda representada como Def en la imagen derecha de la figura 30.

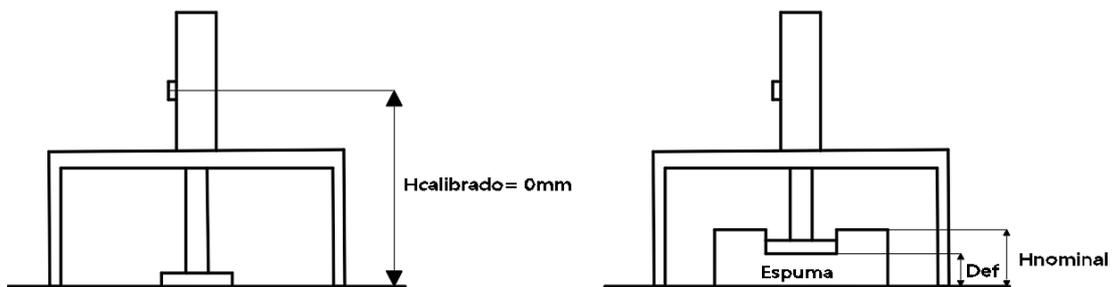


Figura 26. Esquema calibrado y mediciones

Como se ha comentado anteriormente en la descripción de las variables, la deformación relativa se extrae de la resta de la altura nominal de cada espuma ensayada con la deformación registrada por el equipo de medición.

Se realizan 10 medidas en cada punto de ensayo de los sistemas de descanso. El equipo no se calibra mientras se hacen las 10 repeticiones, únicamente cuando se cambia el sistema de descanso.

CAPITULO IV ANÁLISIS

4.1.Introducción

En el siguiente capítulo se va a analizar el grado de influencia que poseen determinadas variables sobre otras. De este modo, se identificará mediante unos criterios preestablecidos, si el sistema de descanso ha fallado realmente alcanzando una deformación excesiva a sus características.

Antes de nada, cabe destacar y analizar qué tipo de datos que se poseen. La base de datos que se posee corresponde con datos estructurados. Se va a utilizar la analítica, que aprovecha el análisis avanzado de datos para descubrir información valiosa para la empresa, sobre sus productos, operaciones y clientes. De este modo con el análisis de los datos proporcionados se podrán tomar decisiones correctas para la mejora continua de los procesos de la empresa y evitar las devoluciones que se estaban produciendo. Identificando el fallo y pudiendo dar una respuesta efectiva, ágil y concisa al problema que se plantee.

En primer lugar, se expondrán los criterios de análisis, en él se explicará como se han reorganizado y convertido los datos que formaban un tipo de variable. Mostrando cómo se han ordenado, limpiado y recodificado para poder hacer las comparaciones.

Seguidamente, se realizará una descripción general de la muestra que se posee, exponiendo las características más relevantes. En este punto se realizará un estudio estadístico descriptivo que afecte a todas las variables de la muestra.

Por último, se harán los diferentes tipos de comparaciones y análisis necesarios para dar respuesta a las devoluciones causadas por la excesiva deformación relativa.

4.2.Criterios de análisis

Antes de comenzar a realizar los análisis pertinentes, cabe destacar los criterios que se han seguido para reorganizar la variable repetición.

4.2.1. Repetición

A la hora de realizar las comparaciones necesarias, con el fin de recoger los resultados precisos para la identificación y futura resolución de la problemática de la devolución de los sistemas de descanso, se han seleccionado únicamente dos grupos de repeticiones en los datos tomados. A continuación, se expone el porqué de esta decisión y su impacto en los resultados.

Como se ha explicado anteriormente en la descripción de variables, la repetición de las muestras se realiza para poder recoger datos fiables. Es decir, que, si un dato se toma mal, se puede desechar y utilizar los otros ya que se posee un abanico de hasta 10 repeticiones por cada dato tomado. Al igual que si se realiza una media de las

deformaciones relativas con un número mayor de datos tomados, esta media se encontrará más centrada en la distribución poblacional.

En los análisis se van a tomar las repeticiones más altas, en vez de incluir todas las repeticiones. Esto se debe, a que cuando se realiza el ensayo de los sistemas de descanso sometiéndolos a compresión mediante un apoyo isquiático, el material del colchón no se comporta de la misma manera en las primeras repeticiones que en las últimas. Dicho de otro modo, en las primeras repeticiones el material se está asentando y cada vez comprimiéndose más conforme aumenta el número de repeticiones. A priori, si se tomaran solo las primeras repeticiones se obtendría una deformación relativa que no se correspondería con la realidad, ya que el material no está asentado. Por lo que se elegirá las últimas repeticiones, ya que arrojaran los datos reales de la deformación relativa que se producen en los sistemas de descanso.

Esto queda demostrado con el siguiente ejemplo, se realiza una agrupación en una variable factor de las diferentes repeticiones. De modo que quedaría, el grupo uno que englobaría a las repeticiones de la uno a la tres, el grupo dos que incluiría repeticiones de la cuatro a la seis, y, por último, el grupo tres que lo forman las repeticiones de la siete a la 10.

Para poder realizar el análisis, es necesario ver si existe diferencias significativas entre los grupos según la deformación relativa que experimente cada grupo que se ha creado. Para ello se realiza una ANOVA, que dará las claves para ver si en el rango de repeticiones hay diferencias significativas.

ANOVA					
Deformacion	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	6633,537	2	3316,769	4,358	,013
Dentro de grupos	2585250,181	3397	761,039		
Total	2591883,718	3399			

Tabla 6. ANOVA influencia deformación relativa

Como se puede observar en la tabla seis, el p-valor identificado como Sig, es inferior al nivel de significancia establecido de 0.05, por lo que se debe rechazar la hipótesis nula y aceptar la alternativa. Esto quiere decir que se está aceptando que existen diferencias significativas entre los intervalos creados según la deformación relativa.

Con esta información se conoce que hay diferencias, pero no entre qué grupo de repeticiones. Para ello se debe realizar una prueba a posteriori, pero para saber qué método usar es necesario realizar una prueba de homocedasticidad o de homogeneidad de varianzas. En la tabla siete se muestra dicha prueba con un nivel de significancia del 0.05, como se puede apreciar el valor es superior al nivel de significación, por lo que se acepta la hipótesis nula y se dice que existe homogeneidad entre las varianzas de los grupos de la repetición.

Prueba de homogeneidad de varianzas

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Def_relativa	Se basa en la media	,188	2	3397	,829
	Se basa en la mediana	,152	2	3397	,859
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,152	2	3396,811	,859
	Se basa en la media recortada	,168	2	3397	,845

Tabla 7. Homogeneidad varianzas def. relativa

Como se ha visto, si existe homogeneidad entre las varianzas, se realiza la prueba Tukey que es una prueba Post-hoc mostrada en la tabla ocho, que dará las claves sobre qué grupos presentan esas diferencias.

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Def_relativa

HSD Tukey

(I) Repetición agrupada	(J) Repetición agrupada	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
1-3	4-6	-3,45270*	1,19232	,011	-6,2484	-,6570
	7-10	-2,36197	1,16048	,104	-5,0830	,3590
4-6	1-3	3,45270*	1,19232	,011	,6570	6,2484
	7-10	1,09072	1,13478	,602	-1,5700	3,7515
7-10	1-3	2,36197	1,16048	,104	-,3590	5,0830
	4-6	-1,09072	1,13478	,602	-3,7515	1,5700

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0,05.

Tabla 8. Análisis Tukey repeticiones

Se conoce que existirá diferencias significativas cuando el p-valor sea menor que 0,05, ya que en ese caso se estará rechazando la hipótesis nula que dice que no hay diferencias significativas entre grupos. Tal y como se puede observar en tabla ocho, las únicas combinaciones que presentan diferencias significativas son la del grupo uno con el dos. Estas últimas arrojan un valor de significancia del 0,011. En cambio, las combinaciones de los otros grupos hacen aceptar la hipótesis nula y decir que no existen diferencias entre las deformaciones en los distintos grupos de repeticiones.

Con los análisis realizados, se puede afirmar que el grupo uno, que engloba las repeticiones uno, dos y tres es el que presenta diferencias con el grupo dos. Esto se debe a que cuando se tomaron las medidas de la deformación relativa en las repeticiones del grupo uno el material se estaba adaptando y comprimiéndose a la fuerza que se la aplicaba. En cambio, entre los grupos de repeticiones dos y tres, no hay diferencias, esto quiere decir que los datos tomados de las deformaciones relativas son coherentes y miden realmente la deformación que experimenta el sistema de descanso.

Como curiosidad sobre el comportamiento de los sistemas de descanso a la hora de la toma de datos, tal y como se puede observar en los descriptivos, en la tabla nueve, el grupo dos tiene una media mayor en términos de deformación relativa que el grupo tres.

	N	Media	Desv. Desviación
1,00	1028	100,2393	27,57304
2,00	1117	103,6920	27,39491
3,00	1255	102,6013	27,76803
Total	3400	102,2455	27,61418

Tabla 9. Descriptivos repeticiones 1, 2 y 3

Esto se produce por que al principio de la toma de datos en el grupo uno, empieza la adaptación del sistema de descanso a la compresión que se le está sometiendo, es decir, se comprime el material y este se vuelve a descomprimir enseguida, arrojando valores de deformación poco veraces. Más tarde en las repeticiones del grupo dos se deforma al máximo, adquiriendo la máxima media de los tres grupos. Por último, en las últimas repeticiones la inercia es de compresión, es decir el material ya se ha asentado y ya no se descomprime como en el primer grupo. Estas repeticiones son las más fiables, ya que miden realmente la deformación que experimentaría un sistema de descanso con un uso común. En la figura 27 se observa un gráfico de medias que muestra la diferencia de los valores de la deformación relativa según el grupo de repeticiones

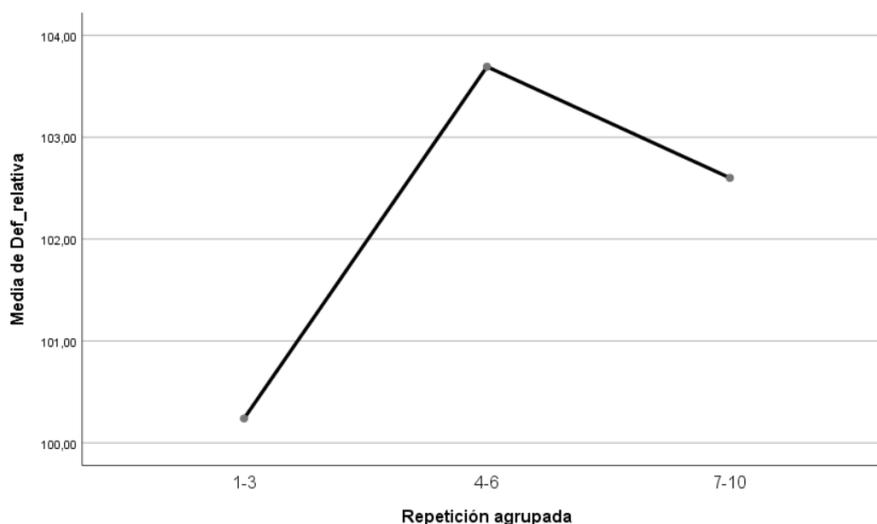


Figura 27. Gráfico de medias repetición agrupada

Para concluir, tras las pruebas realizadas, se puede afirmar que, a la hora de realizar las diferentes comparaciones, se tendrán en cuenta la media de los valores de deformación relativa de los grupos dos y tres, desechando de los análisis el grupo uno de repeticiones, ya que introduciría mucho ruido en las pruebas posteriores.

4.3.Descripción de la muestra

En el siguiente epígrafe se va a tratar de explicar mediante descriptivos de qué manera se encuentra organizada los datos que miden la deformación relativa de diversos sistemas de descanso.

En primera instancia, después de haber realizado limpieza, agrupación y recodificación de datos, la muestra que se posee para el posterior análisis es de 340 casos. A continuación, en la tabla 10 se muestra una tabla de frecuencias con los casos que se poseen de sistemas nuevos y usados. Se aprecia como los casos de sistemas usados agrupan casi el 80% de los datos, esto se debe a que se tomaron datos de sistemas que habían supuesto una devolución.

nuevo_usado					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Nuevo	73	21,5	21,5	21,5
	Usado	267	78,5	78,5	100,0
	Total	340	100,0	100,0	

Tabla 10. Frecuencias sistemas nuevos y usados

Por otro lado, se tiene una de las características que definen un sistema de descanso a la hora de ensayarlo si posee recubrimiento o no, en la tabla 11 se expone una tabla de frecuencias mostrando los casos de tipos de colchones MUC y MUN.

Tipo_muestra					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	MUN	59	17,4	17,4	17,4
	MUC	281	82,6	82,6	100,0
	Total	340	100,0	100,0	

Tabla 11. Frecuencias sistemas MUC o MUN

En el Anexo I de esta memoria se incluyen todos los análisis descriptivos de cada una de las variables que intervienen en el análisis para obtener respuestas sobre la deformación relativa excesiva.

4.4. Análisis

En el siguiente apartado se van a exponer las diferentes técnicas y análisis estadísticos que se han utilizado para poder extraer conclusiones. Cada vez que se va a realizar cualquier tipo de análisis, es necesario realizar un análisis descriptivo que permita analizar la distribución de los datos por variable y detectar casos atípicos que pueden desvirtuar los resultados y las conclusiones que se pudieran extraer.

El modo en el que se ha procedido para empezar a analizar la influencia de las variables medidas en la deformación es el siguiente. Primero se realizará un modelo lineal general (MLG) univariante, con la totalidad de los datos recabados para poder observar la relación e influencia que tienen las variables categóricas y las covariables sobre la variable dependiente, la deformación relativa.

Acto seguido se realiza un análisis clúster, con el objetivo de crear grupos de colchones que, dependiendo de unas variables categóricas determinadas, permitan definir diferentes perfiles de “calidad”. Esto se realizará dejando a un lado los casos de colchones nuevos, es decir, contemplando sólo los defectuosos. Después, se realizará un análisis de varianza (ANOVA) para poder observar si existen diferencias estadísticamente significativas entre los distintos grupos del análisis de conglomerados previamente realizado en las variables de escala, introduciendo como factor las diferentes agrupaciones del clúster y como variables dependientes, las variables continuas medidas. Las variables continuas que se introducirán para ver la influencia en los grupos del clúster serán la *Deformación relativa*, *Altura de la espuma*, el *Tiempo de uso* y la *Altura nominal* de los sistemas de descanso.

Finalmente se tratará de dar respuesta a problemas específicos que la empresa quiere resolver, como:

- 1.- Influencia del tiempo de uso sobre las devoluciones
- 2.- Influencia de la densidad sobre las devoluciones

4.4.1. Modelo lineal general (MLG)

En el siguiente subapartado se va a explicar el análisis inicial que se ha realizado para ver las relaciones e influencia de unas variables sobre otras. De este modo se puede descubrir qué variables son más importantes al influir de una manera más significativa en la variable dependiente.

Se ha elegido el modelo lineal general univariado ya que sirve para evaluar el efecto de un conjunto de dos o más factores, variables independientes categóricas, sobre una variable dependiente. En el caso de estudio, la variable dependiente es la *Deformación relativa*, y los factores son las variables categóricas como *Firmeza*, *Densidad*, *Espumador*, etc. De este modo, el análisis permitirá estudiar si la deformación relativa se ve afectada por alguna de las variables categóricas analizadas.

Los factores que se van a introducir para realizar el análisis se corresponden con las siguientes variables categóricas: *Espumador*, *Firmeza*, *Densidad*, *Tipo de muestra* y *Recubrimiento*. Con estas variables se tienen cinco factores con posible influencia en la variable dependiente cuantitativa, que como se ha comentado es la *Deformación relativa*. Con estos factores se pueden obtener los efectos principales, así como los efectos de sus interacciones. Por otro lado, se analizará el efecto de variables continuas que se introducirán como covariables en el análisis.

Cabe destacar que en este análisis se ha escogido todos los casos, es decir los casos de sistemas de descanso nuevos y usados que han sido devueltos por defectuosos. De este modo se puede apreciar cómo se comportan las variables categóricas en la totalidad de los casos y no solo en las devoluciones.

4.4.1.1. Análisis descriptivo

Antes de la realización de cualquier tipo de análisis es necesario extraer los descriptivos de las variables que se van a incluir, en este caso, en el modelo lineal general. Se van a exponer los análisis descriptivos de las variables a las que se va a realizar una recodificación debido a su distribución anormal, los análisis descriptivos restantes se encuentran ubicados en el Anexo I.

Densidad

En la figura 28 aparece el histograma de la variable densidad de espuma que como se puede observar no sigue una distribución normal. Esto significa que los datos no están distribuidos uniformemente a lo largo de cada una de las densidades que existen. Como se aprecia, la curva de normalidad está desplazada hacia la parte izquierda del histograma, esto significa que hay muchos más datos recogidos de baja densidad que de densidades altas.

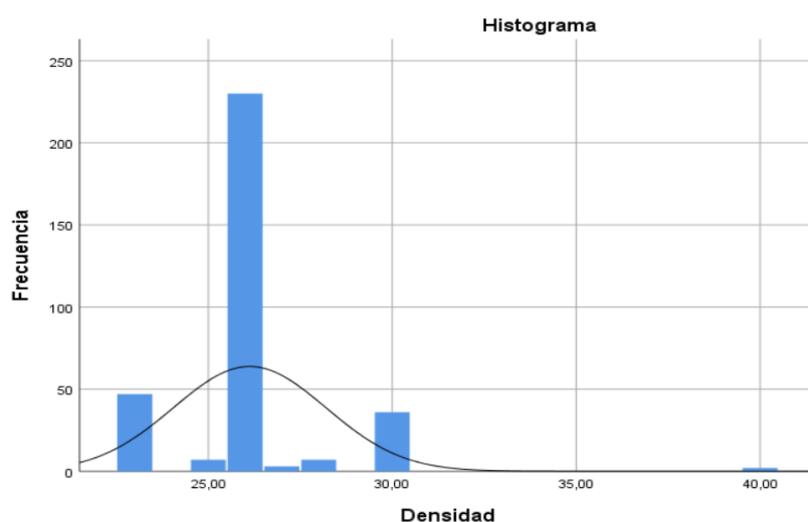


Figura 28. Histograma densidad

Para respaldar la figura anterior, se realiza un análisis de frecuencias que se puede ver en la tabla 12. Así, se puede observar cuántos casos hay en cada valor de densidad, y se aprecia la descompensación. Prácticamente un 70% de los casos tienen una densidad de 26 kg/m³, lo que dificulta el uso de la variable densidad como continua.

		Densidad			
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	23,00	47	13,9	14,2	14,2
	25,00	7	2,1	2,1	16,3
	26,00	230	67,8	69,3	85,5
	27,00	3	,9	,9	86,4
	28,00	7	2,1	2,1	88,6
	30,00	36	10,6	10,8	99,4
	40,00	2	,6	,6	100,0
	Total	332	97,9	100,0	
Perdidos	Sistema	7	2,1		

Tabla 12. Frecuencias densidades

Como se ha mostrado en el análisis descriptivo de la variable densidad, Tabla 12, esta variable se halla distribuida anormalmente y con objeto de no perder la información que puede brindar esta variable, se procede a su conversión en una variable categórica agrupando casos según niveles, consiguiendo en la nueva variable un número de casos por nivel a priori suficiente como para analizar su posible influencia en la deformación relativa.

Apreciando la distribución de las frecuencias en la variable original, Tabla 12, se pueden establecer de manera clara tres grupos. El primer grupo incluirá las densidades que estén por encima de 26 kg/m^3 , el segundo será únicamente de 26 kg/m^3 de densidad y la última agrupación englobará todas las densidades que estén por debajo de 26 kg/m^3 . Quedando distribuidas de este modo:

Grupo 1 → $23\text{-}25 \text{ kg/m}^3$ Grupo 2 → 26 kg/m^3 Grupo 3 → $27\text{-}40 \text{ kg/m}^3$

Una vez se ha recodificado la variable densidad del modo en el que se ha expuesto, el histograma de la nueva variable queda según se muestra en la figura 29.

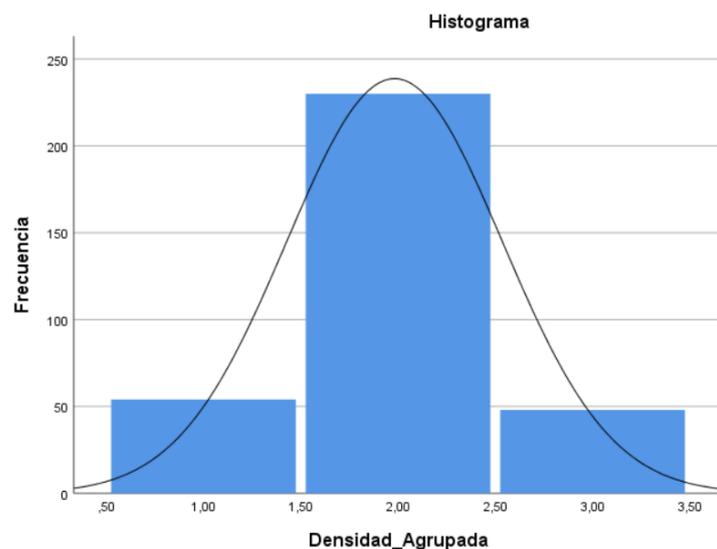


Figura 29. Histograma densidades agrupadas

Recubrimiento

Se trata de una variable continua. Tal y como se ha procedido hasta ahora se muestra un histograma en la figura 34 que indica que la distribución de la variable no sigue una distribución normal. Se puede observar como hay una gran cantidad de casos situados en recubrimiento de cero milímetros. Por otro lado, se aprecia como los casos restantes se agrupan en recubrimientos altos provocando que la curva se desplace ligeramente hacia la derecha.

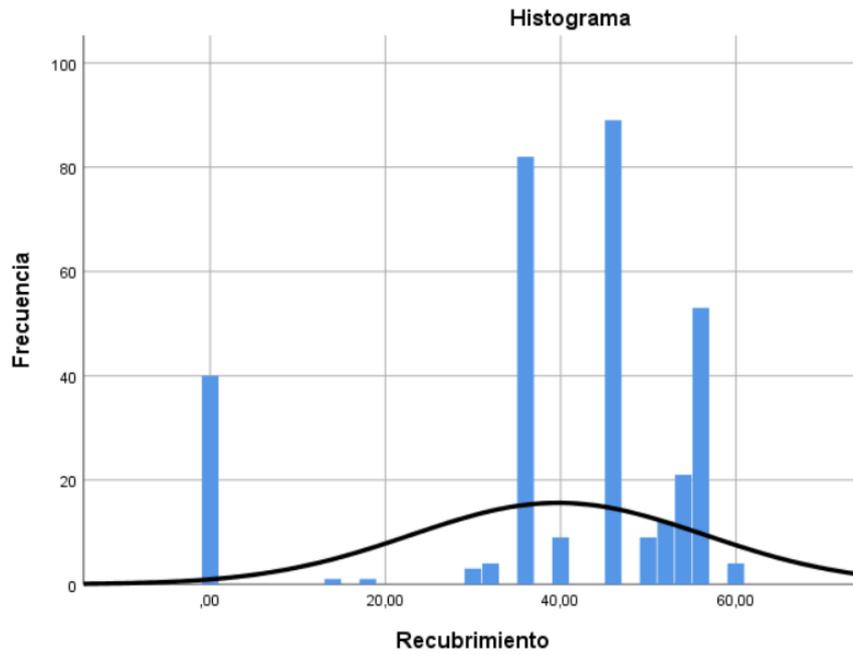


Figura 30. Histograma recubrimiento

Para poder apoyar el histograma mencionado arriba, se ha extraído un análisis de frecuencias. De este modo, se puede apreciar cómo están distribuidos los datos dentro de cada valor de recubrimiento. Como se observa en la tabla 13, los recubrimientos cero, 36 y 46 milímetros agrupan más del 50% de los casos tomados.

		Recubrimiento			
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	,00	40	12,2	12,2	12,2
	14,00	1	,3	,3	12,5
	18,00	1	,3	,3	12,8
	30,00	3	,9	,9	13,7
	31,00	2	,6	,6	14,3
	32,00	2	,6	,6	14,9
	35,00	22	6,7	6,7	21,6
	36,00	60	18,3	18,3	39,9
	39,00	1	,3	,3	40,2
	40,00	8	2,4	2,4	42,7
	45,00	8	2,4	2,4	45,1
	46,00	81	24,7	24,7	69,8
	50,00	9	2,7	2,7	72,6
	51,00	12	3,7	3,7	76,2
	54,00	21	6,4	6,4	82,6
	55,00	4	1,2	1,2	83,8
	56,00	49	14,9	14,9	98,8
	60,00	4	1,2	1,2	100,0
	Total	328	100,0	100,0	

Tabla 13. Frecuencias recubrimiento

Por lo tanto, tal y como se ha mostrado en el descriptivo en la Tabla 13, la variable recubrimiento ha de ser agruparla en diversos conjuntos que engloben a todos los datos. Para ello se va a hallar los percentiles 33,33, 66,66 y 99,99. De este modo saldrán tres grupos que incluirán a todos los casos de recubrimiento. Quedan expuestos los percentiles en la tabla 14.

Estadísticos

Recubrimiento		
N	Válido	339
	Perdidos	0
Percentiles	33,33	36,0000
	66,66	46,0000
	99,99	.

Tabla 14. Percentiles recubrimiento

Se forman tres grupos, el primero agrupará los recubrimientos que se encuentren por debajo del percentil de 33,33, el segundo grupo incluirá los que se hallen entre el percentil 33,33 y 66,66. Y la última agrupación estará entre el percentil 66,66 y el 100. Quedando de esta forma los siguientes grupos;

Grupo 1 → 0-36 mm Grupo 2 → 37-46 mm Grupo 3 → 47-60 mm

Una vez se han recodificado los datos del recubrimiento en la variable recubrimiento grupos, el histograma que se obtiene se muestra en la figura 31.

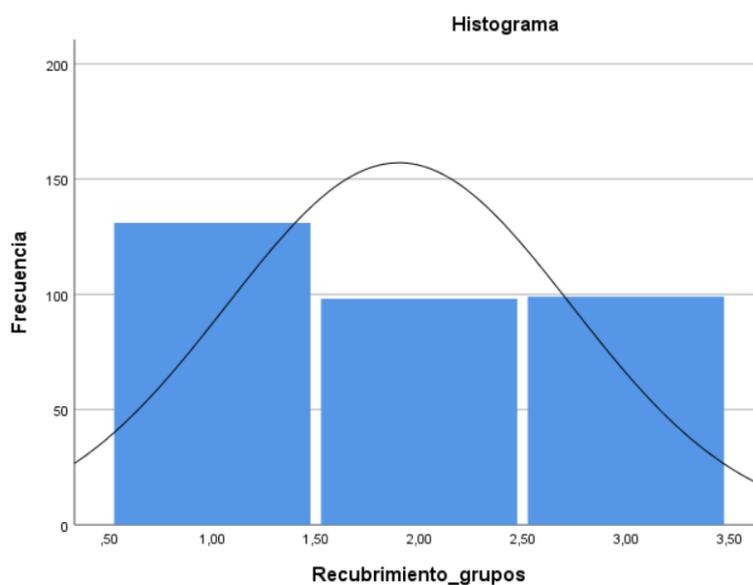


Figura 31. Histograma recubrimiento agrupado

Tiempo de Uso

Se trata también de una variable que esta anormalmente distribuida, del mismo modo que antes, se puede apreciar en el histograma de la figura 32, que la curva de normalidad se encuentra desplazada hacia la izquierda del gráfico, como ocurría con la variable densidad. Esto viene a indicar que la mayoría de casos medidos tienen poco tiempo de uso.

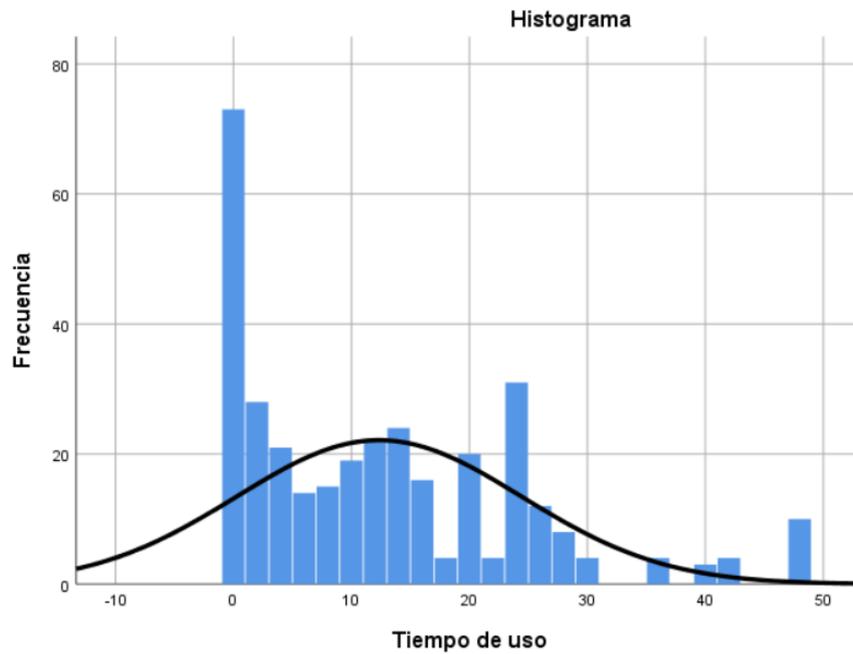


Figura 32. Histograma tiempo de uso

Esta distribución anormal producirá mucho ruido en los análisis. A continuación, se muestra la tabla de frecuencias del número de meses, y se aprecia en la tabla 15, se muestra el tiempo de uso en número de meses y se observa que hay una descompensación de datos entre diferentes meses.

Tiempo de uso					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	0	73	21,5	21,7	21,7
	1	15	4,4	4,5	26,2
	2	13	3,8	3,9	30,1
	3	13	3,8	3,9	33,9
	4	8	2,4	2,4	36,3
	5	10	2,9	3,0	39,3
	6	4	1,2	1,2	40,5
	7	4	1,2	1,2	41,7
	8	11	3,2	3,3	44,9
	9	11	3,2	3,3	48,2
	10	8	2,4	2,4	50,6
	11	22	6,5	6,5	57,1
	13	12	3,5	3,6	60,7
	14	12	3,5	3,6	64,3
	15	4	1,2	1,2	65,5
	16	12	3,5	3,6	69,0
	17	4	1,2	1,2	70,2
	19	4	1,2	1,2	71,4
	20	16	4,7	4,8	76,2
	22	4	1,2	1,2	77,4
	23	8	2,4	2,4	79,8
	24	23	6,8	6,8	86,6
	26	12	3,5	3,6	90,2
	27	8	2,4	2,4	92,6
	30	4	1,2	1,2	93,8
	36	4	1,2	1,2	94,9
40	3	,9	,9	95,8	
42	4	1,2	1,2	97,0	
48	10	2,9	3,0	100,0	
	Total	336	98,8	100,0	
Perdidos	Sistema	4	1,2		
	Total	340	100,0		

Tabla 15. Frecuencias tiempo de uso

Como se ha mostrado en la tabla 15. Para poder compensar los datos y que existan de una manera proporcional el mismo número de datos tomados en un mes que en otro, es necesario recodificar en una nueva variable y aplicar un criterio para realizar la división de los grupos. Ya que se tiene una alta variabilidad de meses, para aplicar este criterio se va a optar por extraer los percentiles de la variable original.

A continuación, se muestra en la tabla 16, los percentiles hallados con el valor máximo del número de meses que pertenece a cada percentil.

		Percentiles						
		5	10	25	50	75	90	95
Promedio ponderado (Definición 1)	Numero de meses	,00	,00	1,00	10,00	20,00	26,00	40,00
Bisagras de Tukey	Numero de meses			1,00	10,00	20,00		

Tabla 16. Percentiles tiempo de uso

Se pueden establecer cuatro grupos en función a los percentiles hallados, un grupo que incluya los meses que se encuentren por debajo del percentil 25, un segundo grupo que incluya los meses que se encuentren entre el percentil 25 y 50, el tercer grupo agrupará los meses que se hallen entre el percentil 50 y 75, y el último grupo hará referencia a los meses entre los percentiles 75 y 100. Quedando del siguiente modo la distribución de los grupos en función de los meses;

- Grupo 1 → 0-1 meses
- Grupo 2 → 2-10 meses
- Grupo 3 → 11-20 meses
- Grupo 4 → 21-42 meses

Una vez se ha recodificado la variable original en una nueva, se puede observar en el histograma de la figura 37 claramente como la distribución de esta variable ha cambiado considerablemente comparándola con la original.

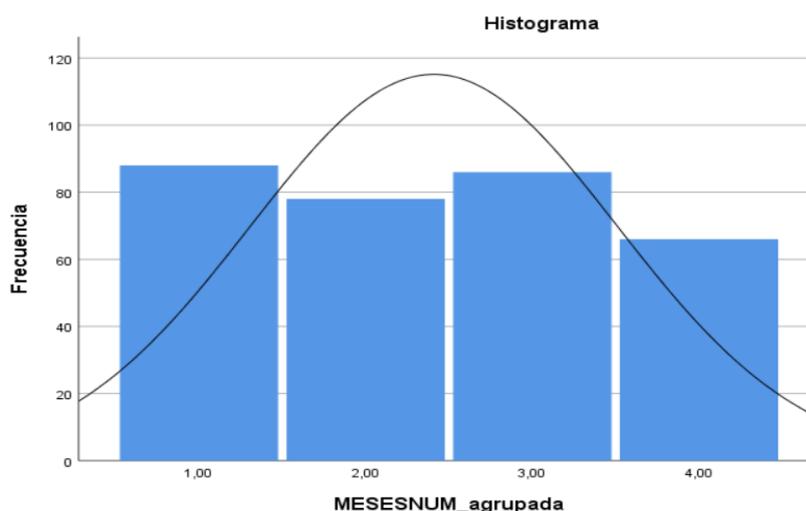


Figura 33. Histograma tiempo de uso agrupado

4.4.1.2. Realización del MLG

Por un lado, como se ha comentado, es imprescindible establecer una variable dependiente que tiene que ser cuantitativa, con formato numérico. En el caso de estudio será la *Deformación relativa*. Seguidamente se tienen varias alternativas, trasladar las variables a la lista de factores fijos o aleatorios.

Un factor fijo es aquel cuyo nivel los establece el investigador o viene dado por la propia naturaleza del factor. En este caso, los factores fijos son, la *Firmeza*, el *Tipo de muestra*, el *Espumador*, la *Densidad agrupada* y el *Recubrimiento en grupos*. Los niveles concretos que toma un factor de efectos fijos constituyen a la población de niveles sobre los que se está haciendo inferencia.

Un factor aleatorio es aquel cuyos niveles son seleccionados de forma aleatoria entre los posibles niveles del factor. En el caso que se está analizando no se posee variables de la naturaleza aleatoria.

Una vez se tiene definidas las variables que tomarán partida como factores fijos, cabe destacar cuáles formarán parte de covariables en el análisis. Las covariables en un análisis univariado se utilizan para poder obtener un análisis de covarianza o ANCOVA, esta técnica de control estadístico permite eliminar de la variable dependiente del análisis, la *Deformación relativa*, el efecto atribuible a variables que no están incluidas en factores. Con este análisis se puede evaluar el efecto individual de cada una de las covariables, obteniendo su estadístico F y permitiendo contrastar la hipótesis nula de que el coeficiente de regresión correspondiente a una covariable vale cero en la población. Las variables que serán introducidas en este apartado, serán variables continuas, concretamente el *Tiempo de uso* y la *Altura nominal* de los sistemas de descanso.

Por otro lado, se tiene el modelo del análisis, con el que se puede hallar el modelo del factorial completo o construir los términos que interesen para el análisis. En el caso de estudio, se va optar por la opción de contemplar únicamente los efectos principales.

Al comparar los efectos principales el programa está dando información sobre las comparaciones dos a dos entre las medias correspondientes a los factores que tienen dos o más niveles.

Para poder aceptar como significativo el análisis univariante, se van a seguir una serie de criterios. Inicialmente se tiene que cumplir varios criterios dentro de la tabla de pruebas de efectos inter-sujetos, uno de ellos es que se rechace la hipótesis nula, y por tanto se acepte que existen diferencias significativas en los grupos que se han analizado. Si una variable indica que no hay diferencias, se acudirá a las estimaciones de parámetro para poder apreciar si existen diferencias entre grupos. Más adelante en este apartado se expondrá cada tabla que se ha ido mencionando.

Un criterio a tener en cuenta es el R^2 . Este parámetro es una herramienta estadística que ejerce como indicador sobre futuros resultados, explica la relación con una o más variables predictoras. Cuanto mayor sea el R^2 , mayor será el ajuste

del modelo a los datos. En el caso del presente análisis, se dará por correcto un R^2 mayor o igual al 60%.

En el primer análisis que se va a realizar se van a exponer las variables mencionadas anteriormente sin contemplar las covariables.

La tabla 17 muestra el nombre de las variables independientes que actúan como factores, sus niveles, las etiquetas de los valores y el número de casos que hay en cada grupo.

Factores inter-sujetos			
		Etiqueta de valor	N
Espumador_fabricante	EUROESPUMA		33
	INTERPLASP		174
	TORRES		114
Recubrimiento_grupos	1,00	0-36 mm	131
	2,00	37-46 mm	91
	3,00	47-60 mm	99
Tipo_muestra	0	MUN	59
	1	MUC	262
Firmeza	Dura		220
	Intermedia		33
	Suave		68
Densidad_Agrupada	1,00	23-25 kg/m3	52
	2,00	26 kg/m3	224
	3,00	27-40 kg/m3	45

Tabla 17. Factores inter-sujetos MLG

Por otro lado, se observa en la tabla 18 los efectos inter-sujetos. Esta tabla contiene información sobre: las fuentes de variación, las sumas de cuadrados, los grados de libertad (gl), las medias cuadráticas, los estadísticos F y los niveles críticos (Sig.) asociados a cada estadístico descriptivo.

Pruebas de efectos inter-sujetos						
Variable dependiente: Deformacion relativa G2/G3						
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Eta parcial al cuadrado
Modelo corregido	106385,413 ^a	8	13298,177	28,735	,000	,424
Intersección	1051190,652	1	1051190,652	2271,467	,000	,879
Espumador	8669,150	1	8669,150	18,733	,000	,057
Recubrimiento_grupos	7924,693	2	3962,346	8,562	,000	,052
Tipo_muestra	38220,047	1	38220,047	82,588	,000	,209
Firmeza	19013,534	1	19013,534	41,085	,000	,116
Densidad_Agrupada	15091,138	2	7545,569	16,305	,000	,095
Error	144387,507	312	462,780			
Total	3616841,964	321				
Total corregido	250772,919	320				

a. R al cuadrado = ,424 (R al cuadrado ajustada = ,409)

Tabla 18. Pruebas de efectos inter-sujetos 1 MLG

La fila modelo corregido hace referencia a los efectos del modelo tomados juntos, es decir el efecto de los factores y el de la interacción en este caso. El nivel crítico asociado al estadístico F indica que el modelo explica la variación observada por la variable dependiente (*Deformación relativa*) en función de los diferentes factores introducidos (sig.<0,05) en todos los casos, mostrando así que existen diferencias estadísticamente significativas en la variable dependiente entre los distintos grupos de las variables categóricas.

4.4.1.3. Pruebas Post-hoc

Tal y como indica la tabla 18, hay diferencias significativas en las variables, pero no se sabe entre qué grupos que conforman las diferentes variables hay diferencias. Para poder conocer esta información se va a realizar un post hoc o análisis a posteriori, que indicará entre qué grupos hay diferencias gracias al análisis de comparaciones múltiples de Tukey para un valor de $p < 0,05$.

Inicialmente se analiza la variable *Espumador*, ya que se ha rechazado la hipótesis nula y por tanto se ha aceptado que existen diferencias significativas entre los niveles de esta variable. En la Tabla 19 se ve, como el fabricante Interplasp muestra diferencias en las deformaciones medidas con los otros dos proveedores (Torres y Euroespuma), mostrando una deformación menor en ambos casos esto se aprecia observando la columna de diferencias de medias. En cambio, entre Euroespuma y Torres no existen diferencias significativas. Se aprecia al obtenerse valores negativos en la diferencia de medias, que el proveedor Interplasp es el que menor deformación relativa experimenta.

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Deformacion relativa G2/G3
HSD Tukey

(I) Espumador_fabri cante	(J) Espumador_fabri cante	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.
EUROESPUMA	INTERPLASP	12,0243*	4,016629	,008
	TORRES	-,36029	4,172744	,996
INTERPLASP	EUROESPUMA	-12,024*	4,016629	,008
	TORRES	-12,385*	2,599562	,000
TORRES	EUROESPUMA	,36029	4,172744	,996
	INTERPLASP	12,3846*	2,599562	,000

Tabla 19. Análisis Tukey espumadores

A continuación, se muestra la variable *Firmeza*, que como se puede apreciar en la tabla 20 presenta algunas diferencias significativas entre sus niveles. Estas diferencias se hallan entre los sistemas de descanso tipo duro comparados con firmeza intermedia y suave, presentando deformaciones menores en ambos casos. En cambio, no existen diferencias significativas entre los niveles de firmeza suave e intermedia. Se puede observar en los valores positivos de las diferencias de medias que los sistemas de descanso de firmeza suave son los que más deformación relativa experimentan.

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Deformación relativa G2/G3

HSD Tukey

(I) Firmeza	(J) Firmeza	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.
Dura	Intermedia	-9,48787*	3,940456	,044
	Suave	-10,505*	3,003613	,002
Intermedia	Dura	9,48787*	3,940456	,044
	Suave	-1,01730	4,503540	,972
Suave	Dura	10,5052*	3,003613	,002
	Intermedia	1,01730	4,503540	,972

Tabla 20. Análisis Tukey firmeza

Al analizar la variable *Densidad agrupada*, se puede apreciar en la tabla 21 que existen diferencias estadísticamente significativas entre el grupo uno, que agrupa a casos menores de 26 kg/m^3 y el resto de grupos, señalando que las deformaciones son mayores para densidades menores a 26 kg/m^3 , no apareciendo diferencias entre los grupos de densidades mayores de ese valor. Una vez más, observando las diferencias de medias se aprecia que el grupo que aglutina a los sistemas de descanso de menor densidad, por debajo de 26 kg/m^3 , presentan los valores más altos de deformación relativa.

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Deformación relativa G2/G3

HSD Tukey

(I) Densidad_Agrupada	(J) Densidad_Agrupada	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.
1,00	2,00	11,6788*	3,320471	,001
	3,00	11,0278*	4,355960	,032
2,00	1,00	-11,679*	3,320471	,001
	3,00	-,65105	3,484490	,981
3,00	1,00	-11,028*	4,355960	,032
	2,00	,65105	3,484490	,981

Tabla 21. Análisis Tukey densidad

Prosiguiendo con el análisis de la tabla 18, se observa que el valor de R^2 (0.424) indica que los cinco efectos incluidos en el modelo sólo están explicando el 42,4% de la varianza de la variable dependiente.

Para comprobar el efecto de las covariables y ver si ayudan a explicar un mayor porcentaje de la varianza del fenómeno analizado estas se añaden al MLG.

Así, se añaden las variables *Tiempo de uso* y *Altura nominal* para poder extraer un análisis de covarianza y observar mediante la regresión lineal la relación que tienen con la variable dependiente. Los resultados se exponen en la tabla 22.

Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Deformación relativa G2/G3

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Eta parcial al cuadrado
Modelo corregido	152754,452 ^a	10	15275,445	47,918	,000	,610
Intersección	1648,539	1	1648,539	5,171	,024	,017
Espumador	508,490	1	508,490	1,595	,208	,005
Tipo_muestra	1731,470	1	1731,470	5,432	,020	,017
Firmeza	1492,074	1	1492,074	4,681	,031	,015
Recubrimiento_grupos	3388,357	2	1694,179	5,315	,005	,034
Densidad_Agrupada	14730,059	2	7365,030	23,104	,000	,131
Alturanominal	34185,991	1	34185,991	107,240	,000	,260
Tiempo_De_uso	10386,418	1	10386,418	32,582	,000	,096
Error	97547,060	306	318,781			
Total	3583205,893	317				
Total corregido	250301,512	316				

a. R al cuadrado = ,610 (R al cuadrado ajustada = ,598)

Tabla 22. Pruebas de efectos inter-sujetos 2 MLG

Se pueden observar diferencias con el caso anterior. En primer lugar, el valor de R², indica que los factores fijos introducidos están explicando el 61% de la varianza de la deformación relativa, cumpliendo con el criterio de que sea mayor o igual al 60%. También se aprecia observando el valor de eta parcial al cuadrado, que las variables que más influyen en la deformación relativa son; *Densidad*, *Altura nominal* y *Tiempo de uso*, obteniéndose los valores más altos de eta.

Se puede apreciar en los efectos principales de las variables categóricas que todas son significativas a excepción de la variable Espumador, pero más adelante se analizará la tabla de estimaciones de parámetro para ver si existen diferencias significativas entre los grupos de esta variable.

Por otro lado, las covariables *Tiempo de uso* y *Altura nominal* también muestran un valor de significación por debajo de 0,05, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se afirma que ambas variables se encuentran linealmente relacionadas con la variable deformación relativa.

Por tanto, se puede decir que, dentro de los diferentes grupos de las variables *Firmeza*, *Densidad agrupada*, *Tipo de muestra*, *Altura nominal*, *Tiempo de uso* y *Recubrimiento agrupados* existen diferencias significativas según la deformación relativa, cumpliendo de este modo con el criterio de análisis.

En la tabla 23 se muestra la estimación de los parámetros, en los que están expuestos los diferentes grupos que conforman cada variable. Tal y como se puede ver, el valor de significación del proveedor Euroespuma es significativo. En cambio,

se observa que en la espuma Interplasp se encuentra un valor que hace que se acepte la hipótesis nula afirmando que no existe influencia de este proveedor sobre los valores tomados de la deformación relativa en sistemas de descanso.

Estimaciones de parámetro

Variable dependiente: Deformación relativa G2/G3

Parámetro	B	Desv. Error	t	Sig.	Intervalo de confianza al 95%		Eta parcial al cuadrado
					Límite inferior	Límite superior	
Intersección	-44,802	14,672	-3,053	,002	-73,673	-15,930	,030
[Espumador=EUROESP UMA]	20,407	6,246	3,267	,001	8,117	32,697	,034
[Espumador=INTERPLAS P]	-3,114	2,466	-1,263	,208	-7,967	1,738	,005

Tabla 23. Detalle estimaciones de parámetro

4.4.1.4. Estimaciones de parámetro

A continuación, se muestra en la tabla 24 las estimaciones de parámetro para todo el modelo. A través de la cual, se va a poder establecer una fórmula que prediga la deformación relativa que experimentará un sistema de descanso en función de los parámetros que se han estudiado.

Estimaciones de parámetro

Variable dependiente: Deformación relativa G2/G3

Parámetro	B	Desv. Error	t	Sig.	Intervalo de confianza al 95%		Eta parcial al cuadrado
					Límite inferior	Límite superior	
Intersección	-44,802	14,672	-3,053	,002	-73,673	-15,930	,030
[Espumador=EUROESP UMA]	20,407	6,246	3,267	,001	8,117	32,697	,034
[Espumador=INTERPLAS P]	-3,114	2,466	-1,263	,208	-7,967	1,738	,005
[Espumador=TORRES]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Tipo_muestra=0]	-8,117	3,483	-2,331	,020	-14,970	-1,264	,017
[Tipo_muestra=1]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Firmeza=Dura]	-11,531	5,330	-2,163	,031	-22,019	-1,043	,015
[Firmeza=Intermedia]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Firmeza=Suave]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Recubrimiento_grupos= 1,00]	-8,166	2,543	-3,212	,001	-13,169	-3,163	,033
[Recubrimiento_grupos= 2,00]	-5,144	2,673	-1,924	,055	-10,405	,116	,012
[Recubrimiento_grupos= 3,00]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
[Densidad_Agrupada=1, 00]	40,958	6,026	6,797	,000	29,101	52,816	,131
[Densidad_Agrupada=2, 00]	32,889	7,140	4,606	,000	18,839	46,938	,065
[Densidad_Agrupada=3, 00]	0 ^a	.	.	.	.	.	.
Alturanominal	,529	,051	10,356	,000	,429	,630	,260
Tiempo_De_uso	,562	,098	5,708	,000	,368	,756	,096

Tabla 24. Estimaciones de parámetro

Así, a partir de la estimación del peso de cada parámetro, la fórmula queda como sigue:

$$\text{Def_relativa} = -44,8 + 20,41 * \text{Euroespuma} - 8,12 * \text{Núcleo} - 11,53 * \text{Firmeza_Dura} - 8,17 * \text{Recubrimiento}_{(0-36)} + 40,96 * \text{Densidad}_{(23-25)} + 32,9 * \text{Densidad}_{(26)} + 0,53 * \text{Altura_nominal} + 0,56 * \text{Tiempo_de_Uso}.$$

4.4.2. Análisis clúster

El análisis de conglomerados o clúster es una técnica de clasificación usada para detectar y describir los subgrupos existentes en función de los valores observados dentro de un conjunto aparentemente heterogéneo de casos. Lo que muestra un clúster es el grado de similitud entre los grupos, calculando las distancias entre casos en función de las variables usadas en la agrupación.

En el caso que se está estudiando, la mejor opción es realizar un clúster bietápico o en dos fases. Esta herramienta permite hallar agrupaciones naturales dentro de un conjunto amplio de datos. Se trata de un método en el que se permite trabajar tanto con variables categóricas como continuas. Por otro lado, este tipo de análisis permite analizar grandes bases de datos, realizando una construcción de un árbol de características de conglomerados que resume los registros. El clúster bietápico posee un procedimiento automático para la elección del número óptimo de conglomerados, esto supone una gran diferencia respecto a los otros tipos de clúster.

En este estudio el clúster se usará para agrupar los colchones defectuosos y así poder establecer perfiles de calidad que permitan conocer características comunes en cada uno de los grupos resultantes, aportando así información relevante de cara a describir mejor la muestra de devoluciones registradas.

4.4.2.1. Análisis descriptivo

Previo al clúster que se quiere llevar a cabo, hay que tener en cuenta de qué modo se hallan distribuidos los datos de las diferentes variables que se vayan a introducir en el clúster. Para ello se va a realizar un análisis descriptivo de las variables deseadas. En la tabla 25 se muestra un descriptivo de frecuencias que proporciona información sobre los casos nuevos y los defectuosos que se poseen.

		nuevo_usado			
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	NUEVO	73	21,5	21,5	21,5
	USADO	267	78,5	78,5	100,0
Total		340	100,0	100,0	

Tabla 25. Análisis descriptivos nuevos vs usados

Cabe destacar que, en este caso, aunque se obvian los casos nuevos de los sistemas de descanso, los descriptivos de todas las variables excepto la de tiempo de uso, se mantienen prácticamente igual que en los descriptivos realizados en el apartado del análisis del modelo lineal general, MLG.

Las variables elegidas en previa instancia para realizar el clúster son las cuantitativas, dentro de las cuales se incluyen: *Densidad*, *Tipo de muestra*, *Tiempo de uso*, *Firmeza* y *Espumador*. De este modo, el análisis descriptivo de las variables que van a formar parte del clúster se encuentra en el análisis descriptivo del MLG o en el Anexo I.

Tiempo de uso

Para poder agrupar los casos de sistemas de descanso usados, se han eliminado del análisis los colchones que tenían cero meses de uso disponiendo de una muestra de 263 casos usados. De este modo los percentiles quedarían según muestra la tabla 26.

Estadísticos		
Numero de meses		
N	Válido	263
	Perdidos	0
Media		15,77
Percentiles	5	1,00
	10	2,00
	25	7,00
	50	14,00
	75	24,00
	90	27,00
	95	42,00

Tabla 26. Percentiles tiempo de uso

Como ocurría cuando se tenían casos nuevos y usados a la vez, la variable tiempo de uso se halla anormalmente distribuida, tal y como se puede apreciar en la figura 34. Es por ello que se necesita recodificar la variable y establecer los grupos.

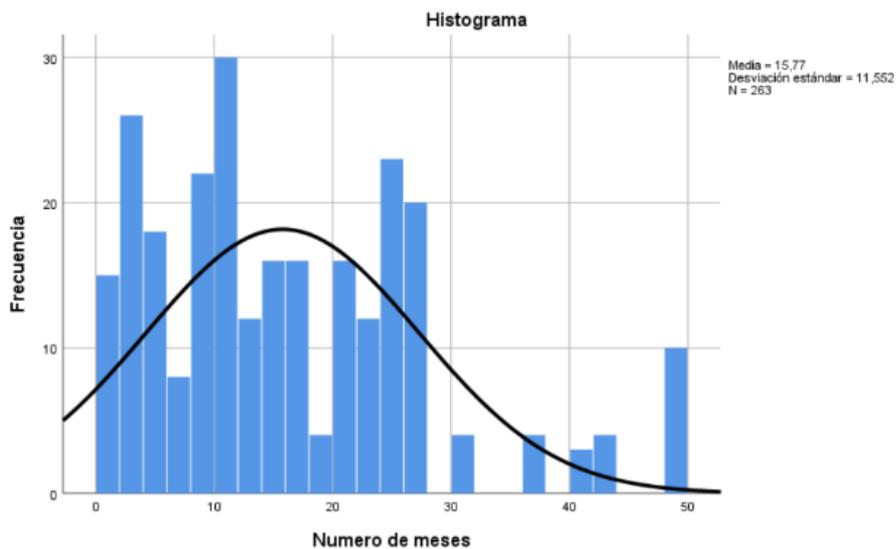


Figura 34. Histograma tiempo de uso sin agrupar

Teniendo en cuenta los percentiles hallados en la tabla 26 se establecen tres grupos, el grupo número uno comprenderá los percentiles de cero a 25, el grupo dos los meses que se encuentren en los percentiles de 25 a 75 y por último el grupo tres agrupará los meses de los percentiles de 75 en adelante. A continuación, se muestra un descriptivo en la tabla 27 después de la recodificación.

Meses_num_grupo					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	1-7 meses	67	25,5	26,5	26,5
	8-24 meses	151	57,4	59,7	86,2
	25-42 meses	35	13,3	13,8	100,0
	Total	253	96,2	100,0	
Perdidos	Sistema	10	3,8		
Total		263	100,0		

Tabla 27. Descriptivos tiempo de uso agrupados

Una vez se ha recodificado la variable, el histograma queda representado en la figura 35, mostrando la distribución normal de la variable.

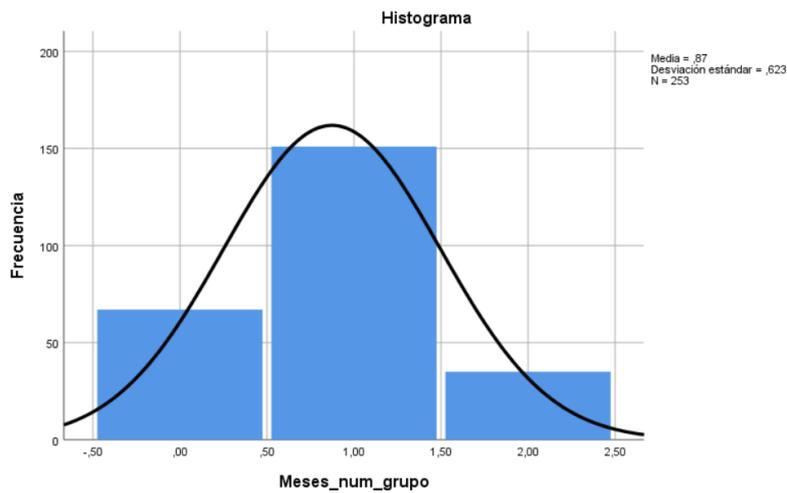


Figura 35. Histograma tiempo de uso agrupado

4.4.2.2. Análisis previo al clúster

Antes de realizar el análisis de conglomerados es necesario observar si existen diferencias significativas en la deformación relativa entre los sistemas de descanso que son nuevos y los que están usados.

Para ello se va a realizar un análisis de varianzas con la *Deformación relativa* como variable dependiente y una variable que agrupa los sistemas de descanso en función de si son nuevos o han sido usados y por tanto devueltos por defectuosos como factor para un $p < 0,05$.

ANOVA					
Deformacion relativa G2/G3					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	73545,773	1	73545,773	127,340	,000
Dentro de grupos	195212,704	338	577,552		
Total	268758,477	339			

Tabla 28. ANOVA clúster

Tras comprobar previamente que existe homogeneidad de varianzas se prosigue con el análisis. Se puede observar en la tabla 28 que se descarta la hipótesis nula al tener como $p < 0,05$. Así, se puede afirmar que existen diferencias significativas en las deformaciones entre nuevos y usados. En la figura 36 se puede comprobar que la deformación media de los sistemas de descanso usados es significativamente mayor que la de los sistemas nuevos.

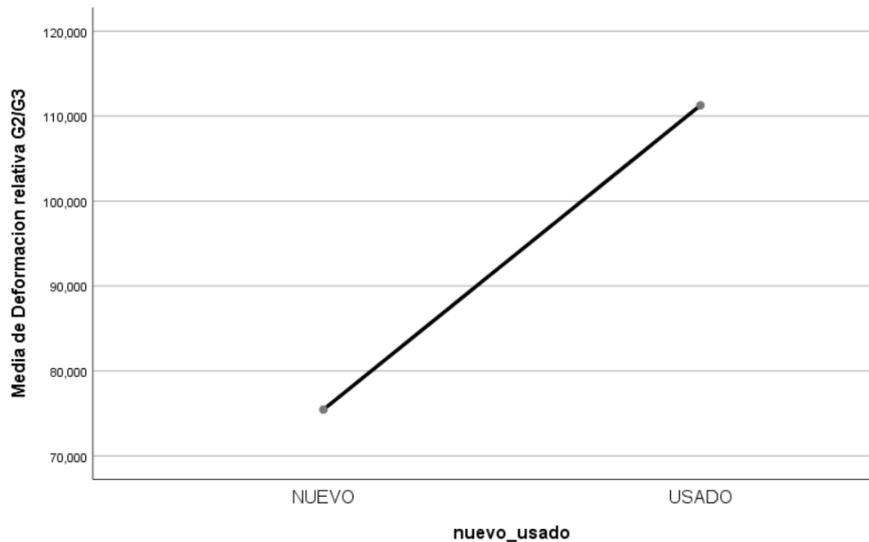


Figura 36. Gráfico de medias nuevo vs usado

A la vista de los resultados obtenidos, se puede afirmar que el grupo de los sistemas nuevos no se puede incluir en el clúster, se utilizará para establecer umbrales de deformaciones aceptables. También se llega a la conclusión de que las devoluciones no son casuales, ya que solo se devuelven los sistemas que han tenido algún tipo de uso y son defectuosos.

4.4.2.3. Realización del clúster

Para la elección de las variables categóricas que conformarán el análisis de conglomerados se van a establecer unos criterios determinados. En primera instancia, se observará la calidad del clúster que arroja el programa SPSS, que deberá alcanzar una calidad catalogada como buena. En segundo lugar, se prestará atención a la importancia relativa de cada una de las variables de agrupación (predictores). Esa importancia indica el peso que tiene cada variable introducida a la hora de discriminar entre grupos; si ese peso está debajo del valor de 0,2 se eliminará la variable del análisis. Seguidamente, se comprobará la distribución de casos por grupo. Si un grupo tiene un porcentaje menor del 10% del total de casos se tendrá que reestructurar el clúster añadiendo nuevas variables o eliminando algunas de las seleccionadas.

En un primer análisis, se han introducido las variables categóricas que pueden tener una influencia en la deformación relativa del sistema de descanso. Siendo estas: *Espumador*, *Firmeza*, *Densidad agrupada*, *Tiempo de uso agrupado*, *Tipo de muestra* y *Recubrimiento grupos*.

Al realizar el análisis de conglomerados introduciendo las seis variables, se obtiene una calidad del clúster regular con seis grupos, tal y como se puede observar en la figura 37. Se puede afirmar que los conjuntos de variables introducidas no cumplen el primer criterio comentado.

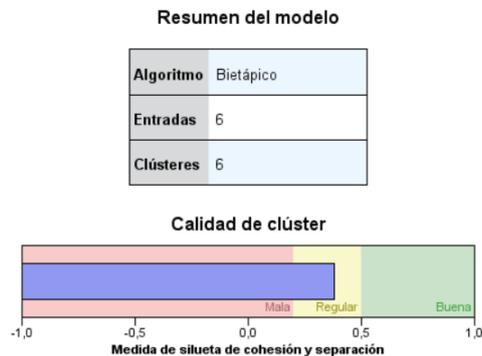


Figura 37. Resumen clúster 1

Por otro lado, al analizar el peso de las diferentes variables, se observa en la figura 38, que la variable *Recubrimiento grupos* tiene una importancia relativa por debajo del umbral de 0,2, no ayudando lo suficiente a discriminar a la hora de crear los diferentes grupos. También se puede observar como la variable tipo de muestra se encuentra superando de manera sutil el límite de 0,2.

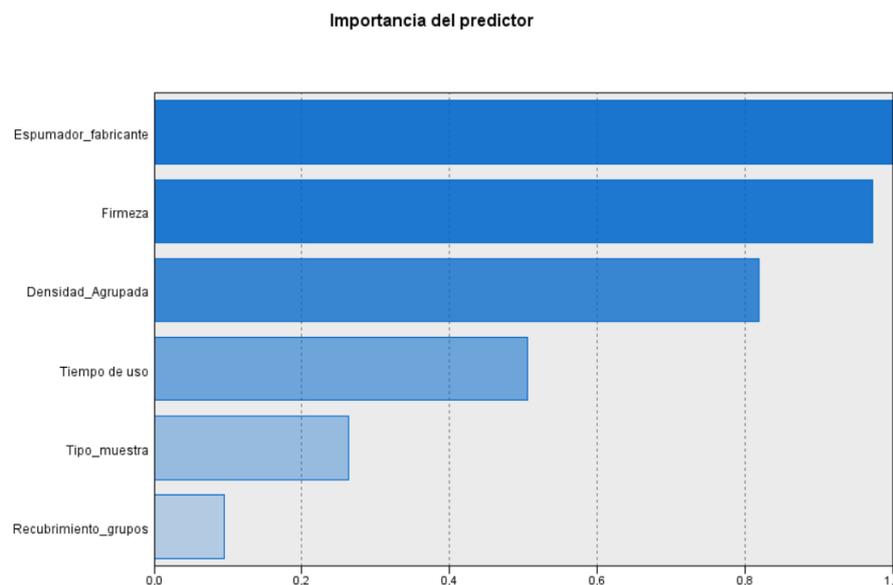


Figura 38. Importancia predictor clúster 1

Al analizar el tercer criterio expuesto, se puede observar como la figura 39 da información relevante, ya que el grupo seis se halla por debajo del 10% de volumen de datos, lo que significa que no cumpliría con el criterio establecido. También se observa como el grupo cinco se encuentra cerca del límite establecido. Por lo tanto, al no cumplir con los tres criterios marcados se repite el análisis suprimiendo algunas variables, para poder obtener unos resultados de agrupación más fiables.

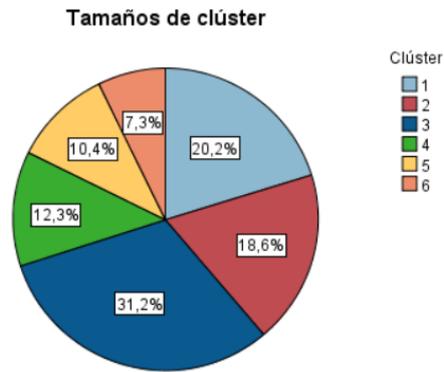


Figura 39. Tamaños clúster 1

Para el nuevo análisis, se van a suprimir las variables *Tipo de muestra* y *Recubrimiento grupos*, ya que eran las que menor peso tenían. Al realizar este análisis se observa en la figura 40 como la calidad del clúster es buena superando el valor de 0,5.

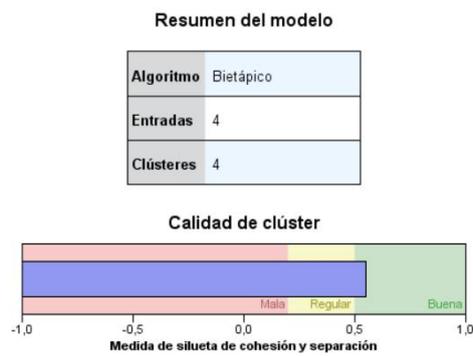


Figura 40. Resumen clúster 2

Sin embargo, al analizar la importancia del predictor, la variable *Tiempo de uso* que en el análisis anterior se encontraba por encima de 0,4, ahora ha bajado a niveles inferiores a 0,2 tal y como se muestra en la figura 41. A vista de los resultados obtenidos en la importancia del predictor, se dispone a eliminar la variable *Tiempo de uso* del análisis y rehacer el clúster.

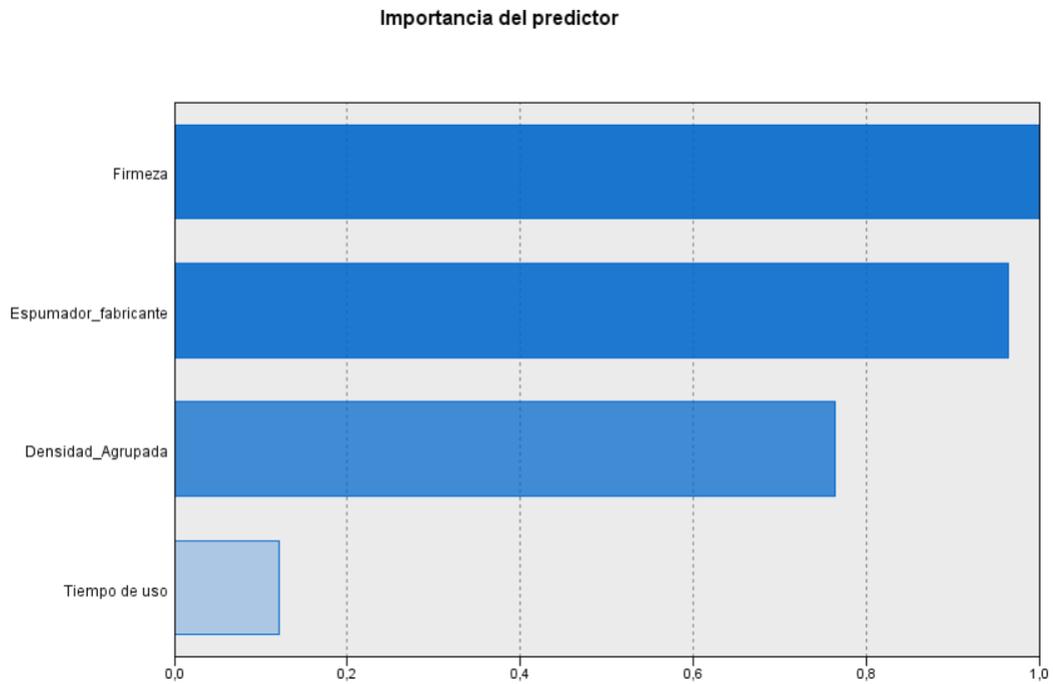


Figura 41. Importancia del predictor clúster 2

Una vez se ha eliminado la variable *Tiempo de uso*, se puede observar en la figura 42, que la calidad del clúster ha aumentado considerablemente, arrojando un valor cercano a uno, siendo este último el máximo valor de calidad.

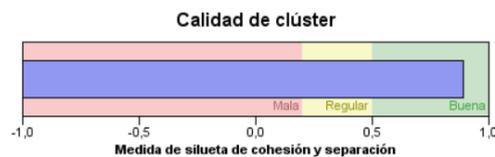


Figura 42. Calidad clúster 3

Cuando se analiza el peso de las variables introducidas en la figura 43, se aprecia que todas se encuentran por encima del 0,8 de peso sobre el análisis. Lo que indica que todas ellas discriminan de forma significativa a la hora de crear los grupos dentro del clúster.

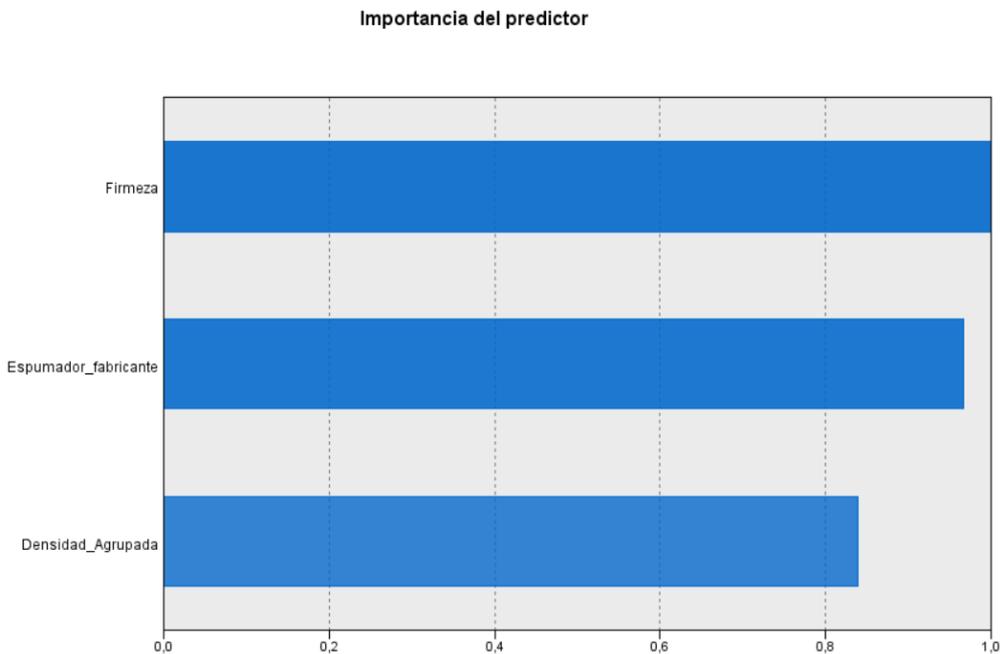


Figura 43. Importancia del predictor clúster 3

Para poder proseguir con el análisis se ha de comprobar que todos los grupos creados por el clúster contengan al menos el 10% de los casos, como condición que se ha expuesto anteriormente. Tal y como se muestra la figura 44, el gráfico circular expone los cuatro grupos del análisis, y todos ellos están por encima del 10%, por lo se prosigue con el análisis. Se puede observar cómo los porcentajes están mejor compensados que en el análisis anterior.

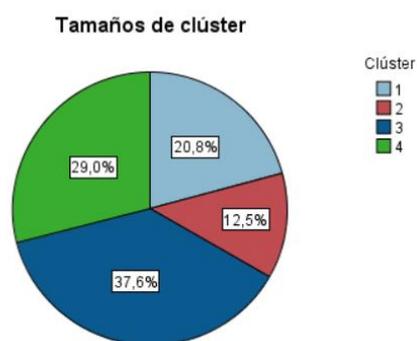


Figura 44. Tamaño clúster 3

Como se ha mencionado, con las tres variables expuestas se cumplen los tres los criterios establecidos para aceptar la agrupación.

4.4.2.4. Descripción grupos de clúster

Una vez se ha realizado el análisis de conglomerados, cabe describir cada grupo nombrando cada una de sus características. Como ya se ha comentado, el clúster ha dividido todos los datos en cuatro grupos diferentes según tres variables categóricas, *firmeza*, *espumador* y *densidad agrupada*.

El grupo uno recoge en su mayoría (aproximadamente el 90%) colchones que tienen una firmeza suave. Los sistemas de descanso de este grupo están formados por espumas del proveedor Interplasp al 80% y el restante de los datos se corresponden con el proveedor Torres. La densidad está muy distribuida en este grupo, la densidad más representada por el conjunto de casos de este grupo es la de 23 a 25 kg/m³ con el 80 % de los casos. después se tienen casos en un número menor agrupando densidades de 26 a 40 kg/m³. A continuación, se muestran las figuras 45, 46 y 47 que expresan lo que se ha comentado de un modo visual, en gráficos de barras que indican la distribución de los casos de cada grupo según cada variable, *Firmeza*, *Espumador* y *Densidad agrupada* respectivamente.

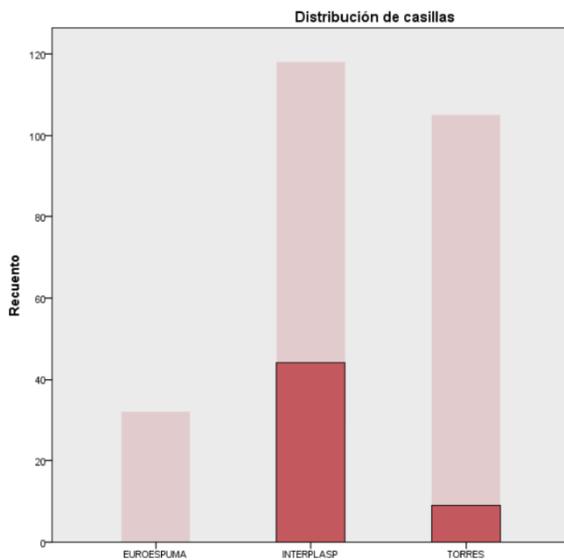


Figura 46. Distribución grupo 1 espumador

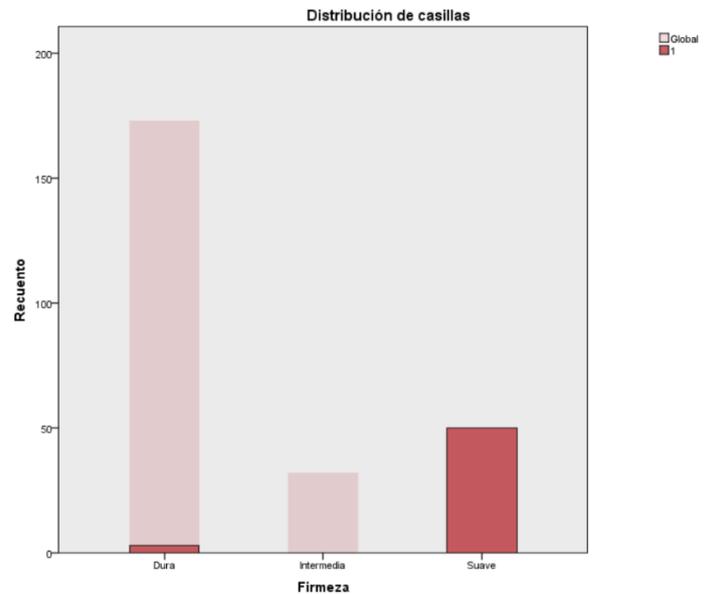


Figura 45. Distribución grupo 1 firmeza

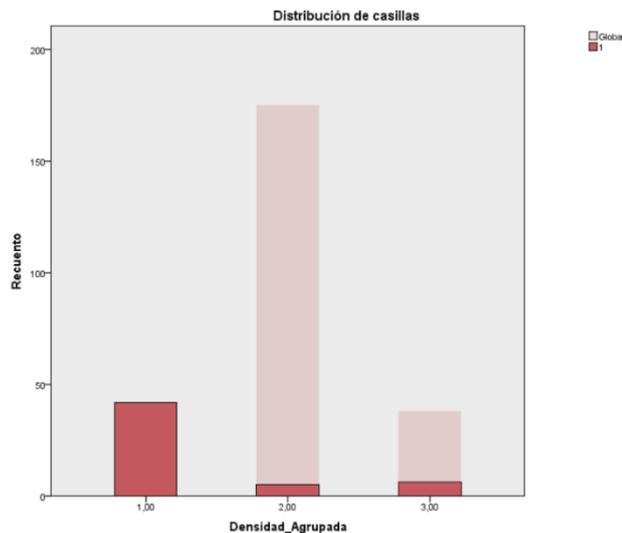


Figura 47. Distribución grupo 1 densidad

El grupo dos del clúster esta categorizado por únicamente un tipo de firmeza, la intermedia. En relación a los espumadores, este grupo incluye todos sus casos en un único proveedor, que se corresponde con Euroespuma. La variable densidad agrupada está en su totalidad representada por el grupo tres, incluyendo densidades de 26 a 40 kg/m³. A continuación, se puede observar lo expuesto de manera gráfica, en las figuras 48, 49 y 50.

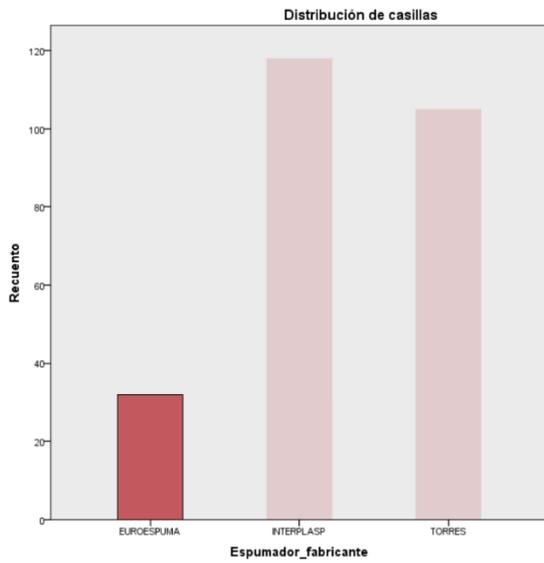


Figura 49. Distribución grupo 2 espumador

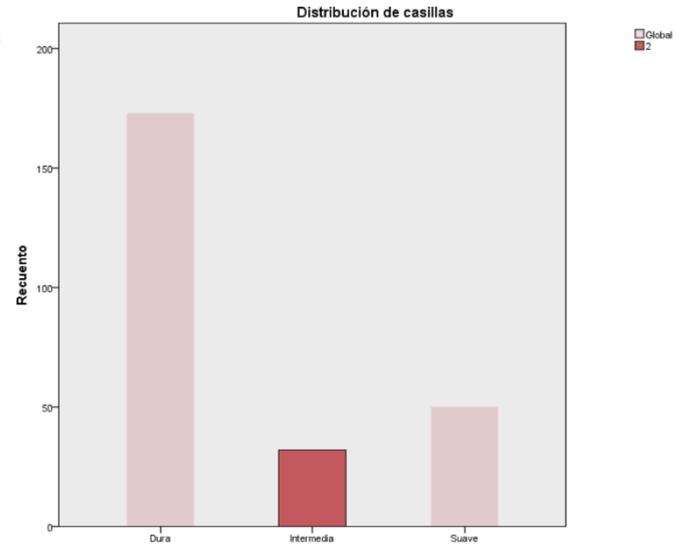


Figura 48. Distribución grupo 2 firmeza

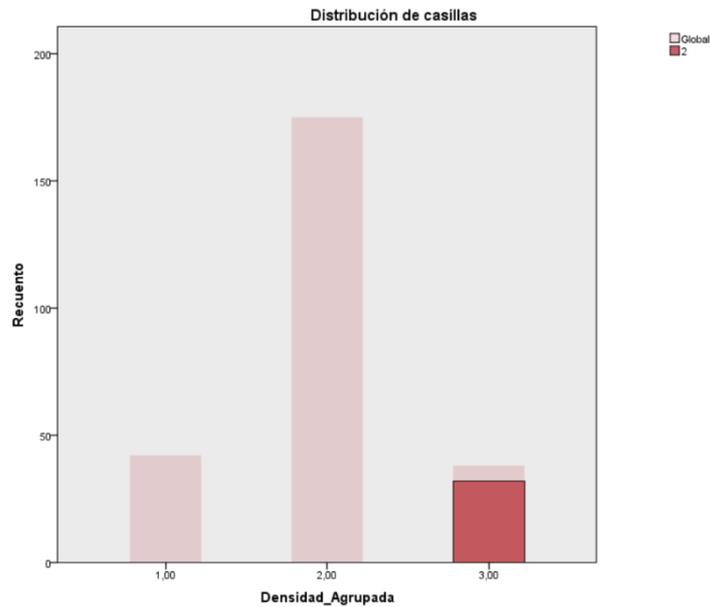


Figura 50. Distribución grupo 2 densidad

El grupo tres del análisis de conglomerados está constituido en su totalidad por muestras que poseen una firmeza tipo dura. Todos los casos de este grupo están constituidos por espumas suministradas por el fabricante Torres. Y la densidad que agrupa este conjunto del clúster es de 26 kg/m^3 . Lo que se acaba de exponer se ilustra en las figuras 51, 52 y 53 que recogen las frecuencias de los casos según las variables *Espumador*, *Firmeza* y *Densidad agrupada*.

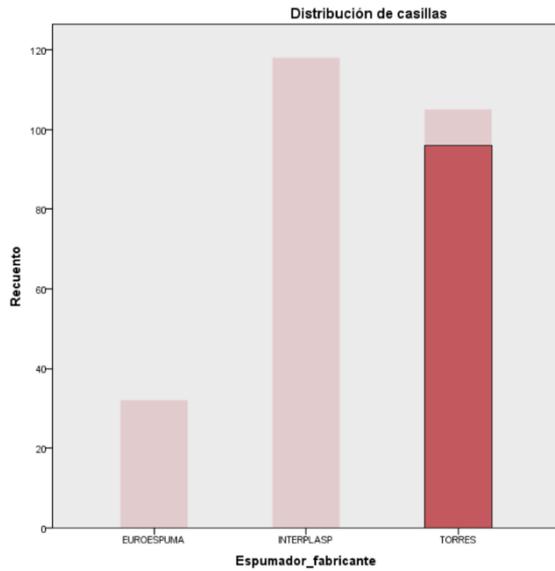


Figura 51. Distribución grupo 3 espumador

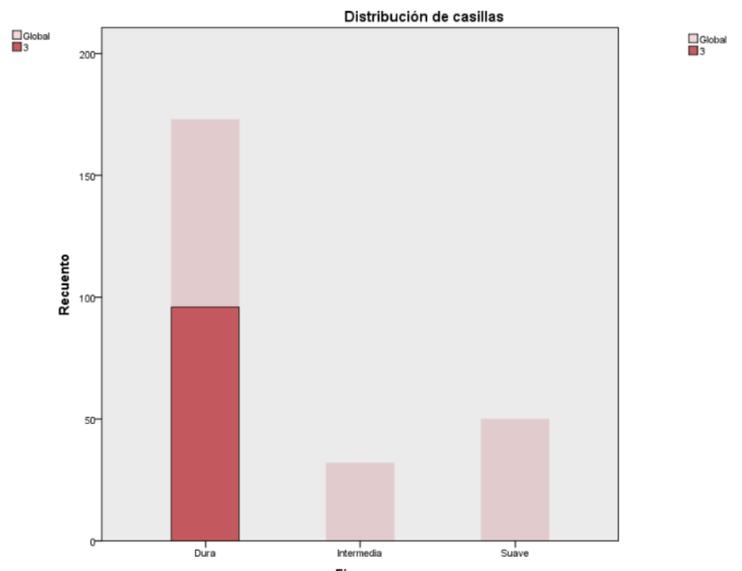


Figura 52. Distribución grupo 3 firmeza

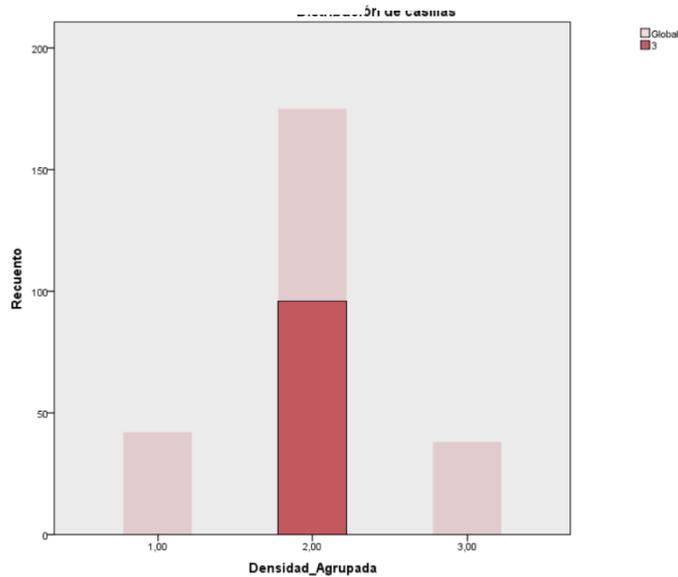


Figura 53. Distribución grupo 3 densidad

El último grupo está conformado en su totalidad por casos que se corresponden con una firmeza dura. En este grupo también la totalidad de sus casos están formados por el proveedor Interplasp y la densidad con la que se corresponden todos sus datos es de 26 kg/m³. Tal y como se ha realizado hasta ahora, se exponen los gráficos de barras de la distribución de los casos en cada una de las variables del análisis, figuras 54, 55 y 56.

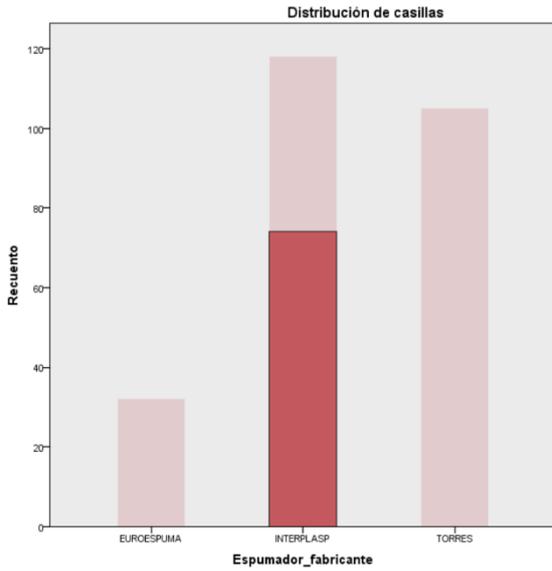


Figura 56. Distribución grupo 4 espumador

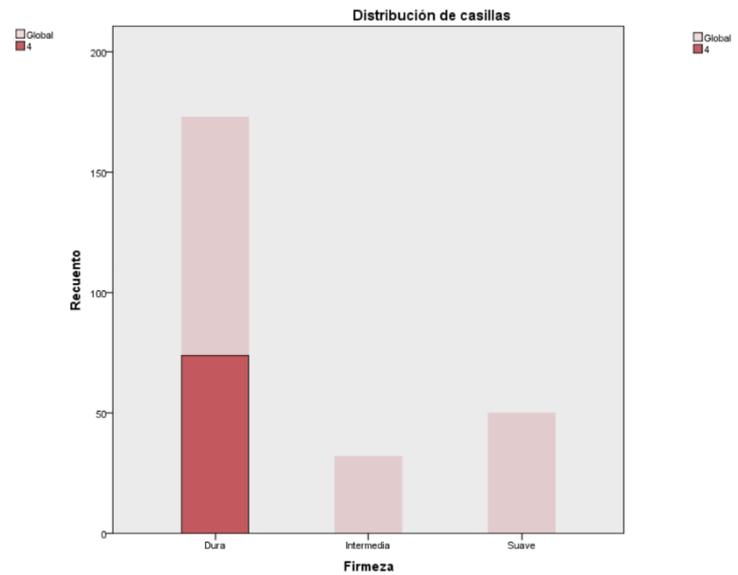


Figura 54. Distribución grupo 4 firmeza

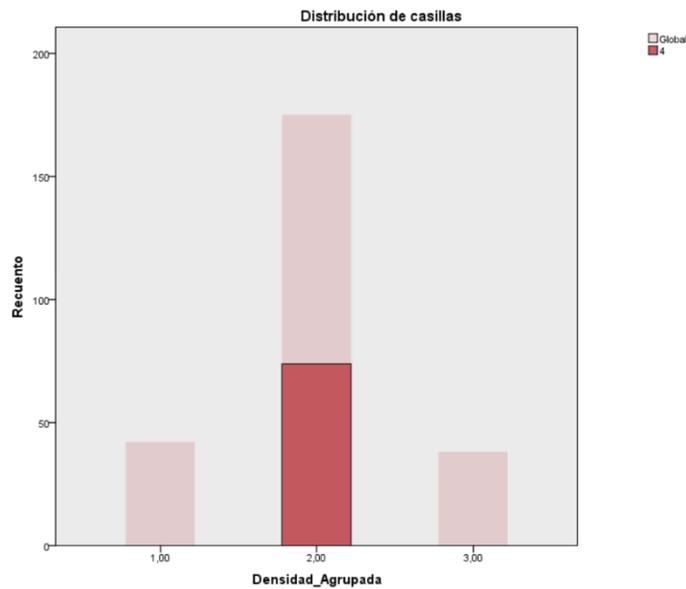


Figura 55. Distribución grupo 4 densidad

Como resumen visual sobre los diferentes grupos extraídos en el análisis, se puede observar en la figura 57 una comparación de clústeres. En esta figura se observa los diferentes grupos del clúster, identificados cada uno por un color, que se pueden apreciar en la leyenda de la parte superior del gráfico.

Por otra parte, en forma de filas se tiene las variables que han sido utilizadas para el análisis, y en columnas los grupos que conforman las variables. De este modo se puede entender las características que definen a cada grupo.

Este gráfico da más información, relacionada con el número de casos. Esto se puede observar en los tamaños de los círculos representados, a mayor tamaño mayor número de casos posee el grupo del clúster en una determinada característica dentro de una variable.

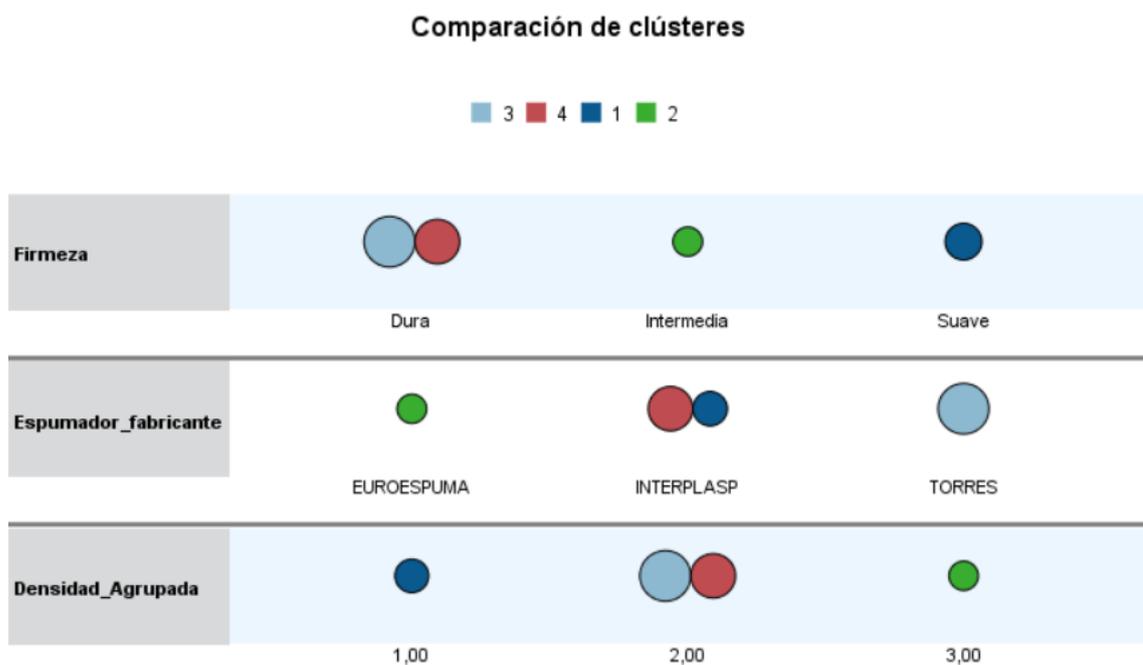


Figura 57. Comparación general entre clústeres

4.4.2.5. Análisis de diferencias significativas entre variables continuas entre los distintos grupos

A continuación, en la tabla 29 se muestra el análisis de las varianzas realizado para las siguientes variables continuas o dependientes: *Tiempo de uso*, *Altura nominal*, *Deformación relativa*, *Densidad* y *Altura espuma*. La variable factor es la de pertenencia de los casos a los grupos obtenidos en el apartado anterior. Cabe destacar, que tras la eliminación de *Tiempo de uso* antes de la devolución como variable de agrupación dada su pobre poder de discriminar casos entre grupos, se ha decidido añadir como variable escala para poder apreciar si existen diferencias entre los grupos creados por el clúster.

		ANOVA				
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Deformacion relativa G2/G3	Entre grupos	26699,678	3	8899,893	18,784	,000
	Dentro de grupos	122714,552	259	473,801		
	Total	149414,230	262			
Tiempo de uso	Entre grupos	6957,921	3	2319,307	21,451	,000
	Dentro de grupos	28002,930	259	108,119		
	Total	34960,852	262			
Alturanominal	Entre grupos	14585,473	3	4861,824	9,669	,000
	Dentro de grupos	130228,481	259	502,813		
	Total	144813,954	262			
Densidad	Entre grupos	615,520	3	205,173	85,473	,000
	Dentro de grupos	621,719	259	2,400		
	Total	1237,240	262			
Altura_espuma	Entre grupos	1924,710	3	641,570	1,759	,155
	Dentro de grupos	94464,765	259	364,729		
	Total	96389,475	262			

Tabla 29. ANOVA clúster

Tal y como se puede apreciar en la tabla 29, todas las variables excepto la *Altura de la espuma*, tienen un p-valor por debajo de 0.05, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa que expresa que existen diferencias significativas entre los diferentes grupos del clúster.

Una vez se ha llegado a la conclusión de que existen diferencias significativas entre los grupos de clúster en las siguientes variables: *Altura nominal*, *Tiempo de uso*, *Deformación relativa* y *Densidad* es preciso realizar una comparación post hoc. Este análisis permite conocer entre qué grupos se encuentran las diferencias. Para poder conocer qué tipo de análisis post-hoc a realizar, es necesario previamente extraer una prueba de homogeneidad de las varianzas.

Teniendo un valor de significancia del 0,05, y tal y como se observa en la tabla 30, al tener todos los p-valor por debajo de 0,05 de las variables continuas, se rechaza la hipótesis nula que afirma que existen homogeneidad entre varianzas.

Prueba de homogeneidad de varianzas

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Numero de meses	Se basa en la media	2,789	3	259	,041
	Se basa en la mediana	2,851	3	259	,038
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	2,851	3	237,313	,038
	Se basa en la media recortada	3,117	3	259	,027
Alturanominal	Se basa en la media	9,891	3	259	,000
	Se basa en la mediana	5,545	3	259	,001
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	5,545	3	223,943	,001
	Se basa en la media recortada	10,324	3	259	,000
Deformacion relativa G2/G3	Se basa en la media	4,190	3	259	,006
	Se basa en la mediana	4,251	3	259	,006
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	4,251	3	232,028	,006
	Se basa en la media recortada	4,206	3	259	,006
Densidad	Se basa en la media	36,801	3	259	,000
	Se basa en la mediana	15,802	3	259	,000
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	15,802	3	56,000	,000
	Se basa en la media recortada	28,779	3	259	,000
Altura_espuma	Se basa en la media	14,704	3	259	,000
	Se basa en la mediana	6,971	3	259	,000
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	6,971	3	216,223	,000
	Se basa en la media recortada	14,321	3	259	,000

Tabla 30. Prueba de homogeneidad ANOVA

Después de realizar el análisis anterior, se sabe qué tipo de análisis se deberá realizar para estudiar las diferencias entre grupos, el análisis post-hoc Games-Howell.

A continuación, se van a analizar una a una las variables del estudio para poder dictaminar si existen diferencias según los grupos del clúster creados.

Para la variable *Tiempo de uso* tal y como se puede apreciar en la tabla 31, existen diferencias significativas entre todos los grupos del análisis excepto entre los grupos uno-cuatro y dos-tres. Cabe destacar que el grupo que engloba a los casos con el número de meses más bajo es el grupo uno.

Comparaciones múltiples

Games-Howell

Variable dependiente	(I) Número de clúster bietápico	(J) Número de clúster bietápico	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Numero de meses	1	2	-9,090*	1,976	,000	-14,32	-3,86
		3	-12,445*	1,610	,000	-16,63	-8,26
		4	-3,181	1,553	,176	-7,22	,86
	2	1	9,090*	1,976	,000	3,86	14,32
		3	-3,355	2,067	,373	-8,80	2,09
		4	5,909*	2,024	,025	,56	11,25
	3	1	12,445*	1,610	,000	8,26	16,63
		2	3,355	2,067	,373	-2,09	8,80
		4	9,264*	1,668	,000	4,94	13,59
	4	1	3,181	1,553	,176	-,86	7,22
		2	-5,909*	2,024	,025	-11,25	-,56
		3	-9,264*	1,668	,000	-13,59	-4,94

Tabla 31. Análisis Games-Howell tiempo de uso

A continuación, se muestra un gráfico de medias en la figura 58, en el que se puede observar la característica que se ha mencionado del grupo de clúster uno y como el grupo tres engloba a los casos de mayor numero de meses.

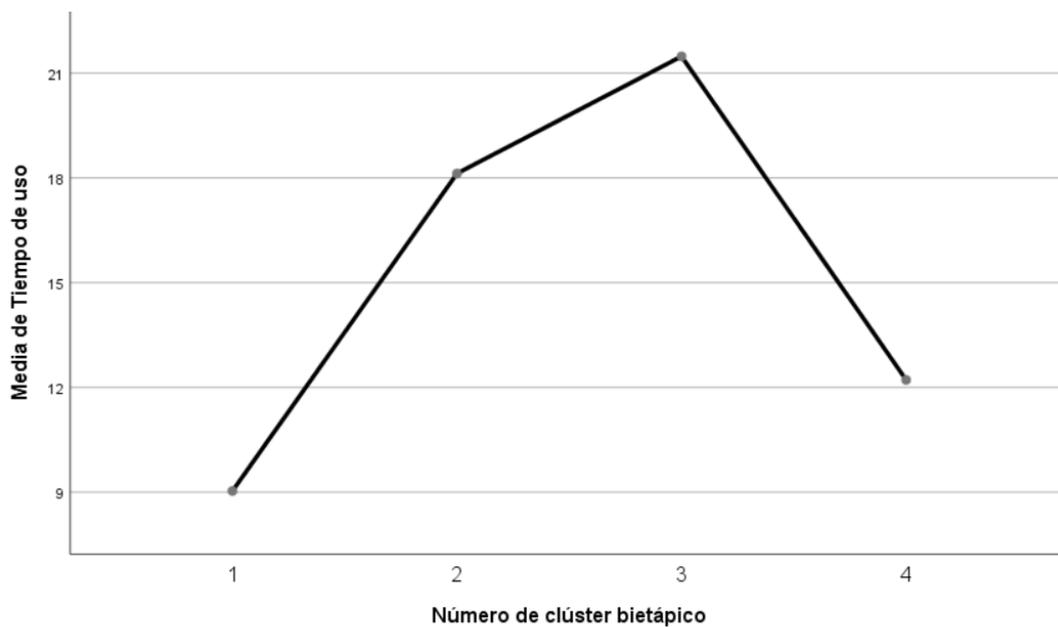


Figura 58. Gráfico de medias tiempo de uso

En la tabla 32 aparecen los resultados del test para la variable *Altura nominal*. Se puede observar que entre el grupo cuatro del clúster y en todos los restantes existen diferencias estadísticamente significativas, siendo el grupo cuatro el que

menores alturas nominales presenta de todos. En cambio, no existen diferencias entre el resto de grupos entre sí.

Variable dependiente	(I) Número de clúster bietápico	(J) Número de clúster bietápico	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Alturanominal	1	2	-10,29481	4,99571	,169	-23,2153	2,6257
		3	-2,06564	3,81874	,949	-11,9421	7,8109
		4	11,85722*	4,01558	,018	1,4716	22,2428
	2	1	10,29481	4,99571	,169	-2,6257	23,2153
		3	8,22917	4,55507	,273	-3,5517	20,0101
		4	22,15203*	4,72131	,000	9,9412	34,3629
	3	1	2,06564	3,81874	,949	-7,8109	11,9421
		2	-8,22917	4,55507	,273	-20,0101	3,5517
		4	13,92286*	3,45202	,000	4,9948	22,8509
	4	1	-11,85722*	4,01558	,018	-22,2428	-1,4716
		2	-22,15203*	4,72131	,000	-34,3629	-9,9412
		3	-13,92286*	3,45202	,000	-22,8509	-4,9948

Tabla 32. Análisis Games-Howell altura nominal

Para poder mostrar los resultados de la variable al igual que se ha realizado anteriormente, en la figura 59 se muestra un gráfico de medias entre los diferentes grupos del clúster

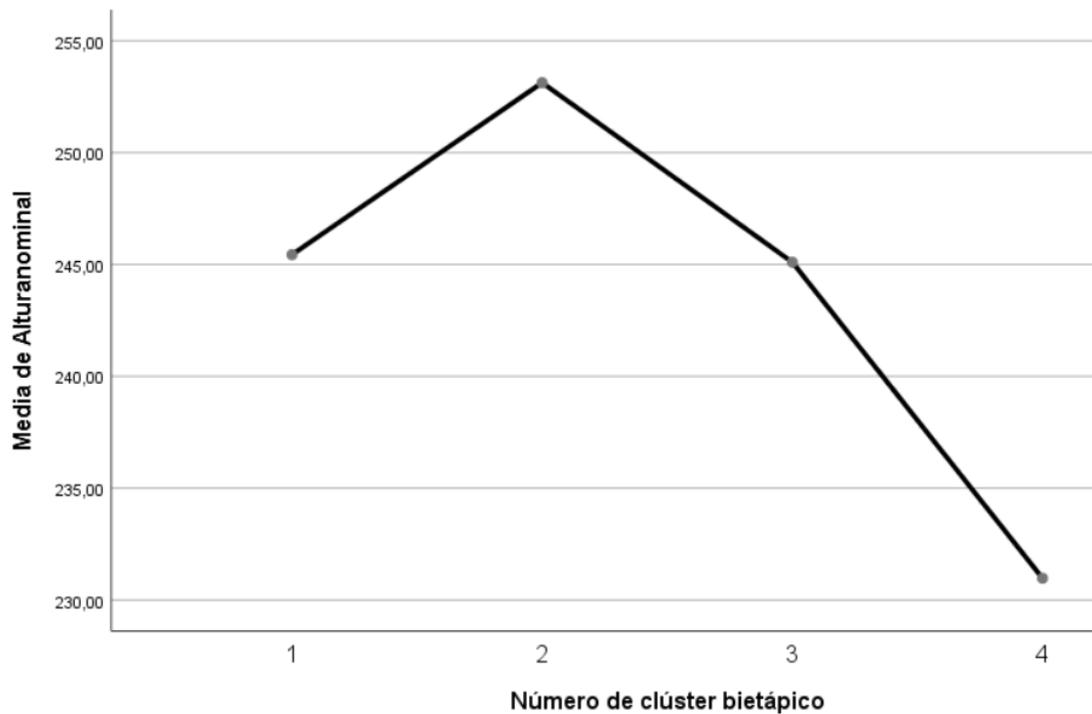


Figura 59. Gráfico de medias altura nominal

La variable deformación relativa muestra que únicamente no existen diferencias estadísticamente significativas entre los grupos uno-dos y dos-tres. Por otro lado, observando los valores de significación de la tercera columna de la tabla 33, se puede decir que entre los grupos restantes existen diferencias estadísticamente significativas.

Deformacion relativa G2/G3	1	2	10,252728	4,858538	,153	-2,31303	22,81848
		3	9,246144	3,713887	,064	-,35917	18,85146
		4	26,707402*	3,905325	,000	16,60697	36,80784
	2	1	-10,252728	4,858538	,153	-22,81848	2,31303
		3	-1,006583	4,429997	,996	-12,46399	10,45083
		4	16,454674*	4,591675	,002	4,57911	28,33023
	3	1	-9,246144	3,713887	,064	-18,85146	,35917
		2	1,006583	4,429997	,996	-10,45083	12,46399
		4	17,461257*	3,357237	,000	8,77835	26,14416
	4	1	-26,707402*	3,905325	,000	-36,80784	-16,60697
		2	-16,454674*	4,591675	,002	-28,33023	-4,57911
		3	-17,461257*	3,357237	,000	-26,14416	-8,77835

Tabla 33. Análisis Games-Howell deformación relativa

Siguiendo con la metodología usada hasta ahora, se puede observar en la figura 60 un gráfico de medias de la variable que se está estudiando que muestra como el grupo uno es el de mayor deformación relativa y el cuatro el que engloba los casos de menor deformación relativa. Se puede observar como los grupos dos y tres prácticamente tienen el mismo valor de deformación relativa, esto apoya que no existan diferencias estadísticamente significativas entre ambos.

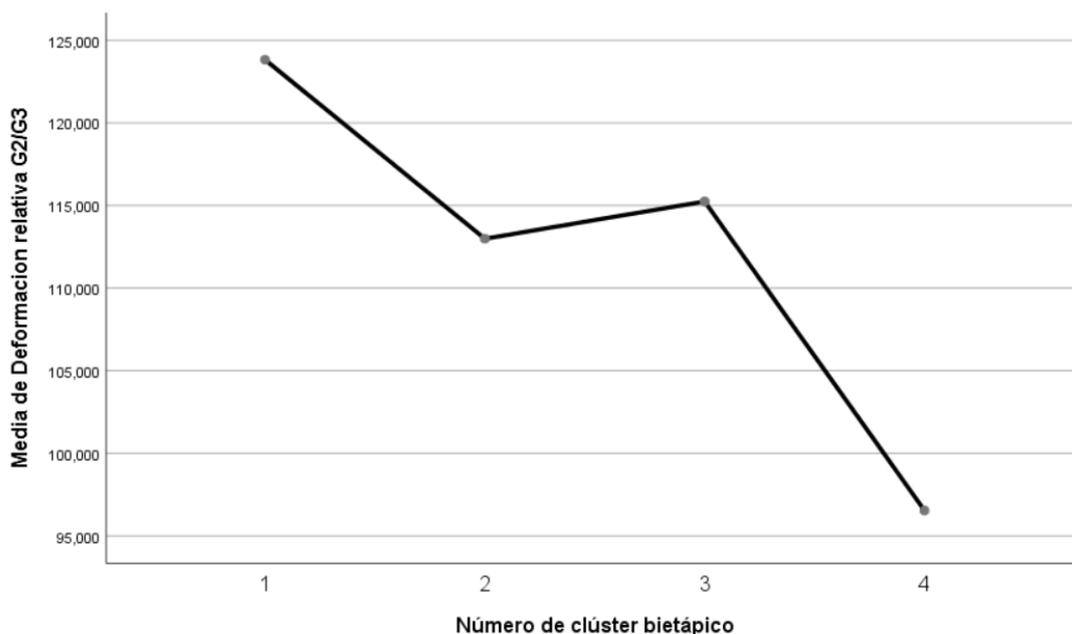


Figura 60. Gráfico de medias deformación relativa

Por otro lado, la variable densidad aporta información muy interesante, ya que hay diferencias entre todos los grupos del análisis excepto entre el tres-cuatro, esto indica que esta variable se encuentra agrupada de una manera óptima entre los diferentes grupos del análisis de conglomerados. Se observa el valor de sigma en la tercera columna de la tabla 34.

Densidad	1	2	-5,43396*	,35214	,000	-6,3447	-4,5232
		3	-1,43396*	,26918	,000	-2,1301	-,7378
		4	-1,43396*	,28305	,000	-2,1660	-,7019
	2	1	5,43396*	,35214	,000	4,5232	6,3447
		3	4,00000*	,32108	,000	3,1696	4,8304
		4	4,00000*	,33280	,000	3,1393	4,8607
	3	1	1,43396*	,26918	,000	,7378	2,1301
		2	-4,00000*	,32108	,000	-4,8304	-3,1696
		4	,00000	,24333	1,000	-,6293	,6293
	4	1	1,43396*	,28305	,000	,7019	2,1660
		2	-4,00000*	,33280	,000	-4,8607	-3,1393
		3	,00000	,24333	1,000	-,6293	,6293

Tabla 34. Análisis Games-Howell densidad

En la figura 65 se puede observar como las diferencias estadísticas se hacen visibles entre todos los grupos excepto entre los grupos tres y cuatro que presentan el mismo valor de densidad.

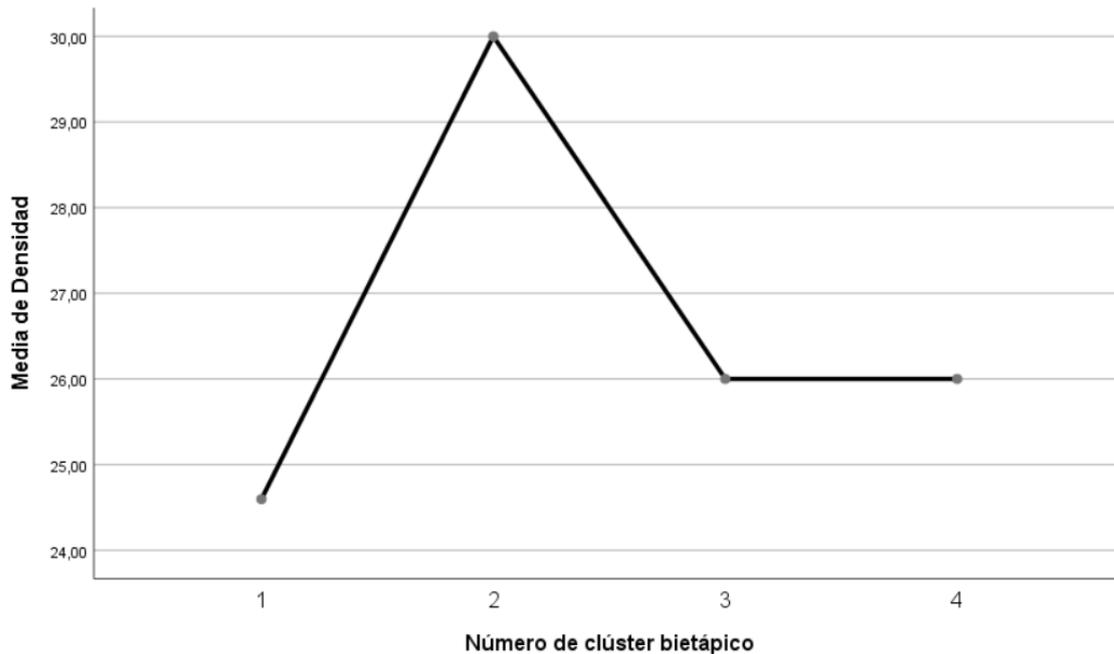


Figura 61. Gráfico de medias densidad

Una vez se ha realizado el análisis Games-Howell para observar donde se encontraban las diferencias, se puede afirmar tal y como se ha visto que existen diferencias estadísticamente significativas entre la mayoría de grupos del clúster realizado. Esto es un buen indicador de la calidad del análisis de conglomerados, ya que los grupos están bien diferenciados cada uno con sus características como se ha visto en la descripción de los grupos.

Al igual que se ha realizado en el apartado del MLG, se va a realizar una descripción de cada grupo del clúster según las variables continuas que se han analizado anteriormente.

El grupo uno del análisis de conglomerados es el que engloba a los casos que presentan la mayor deformación relativa entre los grupos restantes, en cambio es el grupo que tiene los casos de sistemas más nuevos, teniendo una media de tiempo de uso de nueve meses. Por otro lado, se encuentra englobando a alturas nominales altas, aunque no es el grupo que engloba los máximos valores de alturas nominales. Analizando la densidad de los distintos grupos, se puede observar como el grupo uno presenta los casos con menor densidad, encontrándose entre 24 y 25 kg/m³, por ello puede ser el grupo que más deformación relativa arroja. Por último, es el segundo grupo con más altura de espuma.

El grupo dos del clúster presenta unos valores de deformación relativa medianos, encontrándose entre 110 y 115 milímetros. Se puede observar como en el tiempo de uso este grupo engloba a casos con un tiempo de uso altos. Por otro lado, en la variable altura nominal el grupo dos del análisis presenta los valores más altos de altura nominal en los casos que agrupa al igual que ocurre con la variable altura de espuma, agrupando también los casos con valores máximos de esta variable. Esto último también ocurre con la densidad, siendo el grupo dos el conjunto con los casos de mayor densidad en comparación con el resto de grupos.

El grupo tres en cuanto a deformación relativa presenta valores muy parecidos a los del grupo analizado anteriormente. Este grupo engloba a los casos con mayor uso expresado en meses en comparación con todos los grupos del análisis. En cuanto a altura nominal, se encuentra en valores parecidos a los del grupo 1, siendo alturas nominales altas, pero sin superar al grupo dos. El valor de densidad de los casos de este grupo está en 26 kg/m³ siendo una densidad baja pero no más que la del grupo uno. Y por último analizando la altura de la espuma se puede observar como el grupo engloba a alturas que están por debajo de las del grupo uno y dos.

Por último, se analiza el grupo cuatro, esta agrupación es la que menor deformación relativa experimenta en los casos que engloba llegando a valores alrededor de 97,5 milímetros. Por otro lado, es el segundo grupo con menos meses de uso de todo el conjunto, por encima de 12 meses de media. En cuanto a la altura nominal de los casos del grupo cuatro, esta agrupación se caracteriza también por las alturas nominales más bajas de todo el análisis. Ocurre lo mismo con la altura de la espuma de los casos de este grupo, que son las más bajas. Por último, la densidad es exactamente la misma que la del grupo anterior, 26 kg/m³.

4.4.2.6. Interpretaciones

Con la información que se ha extraído con el clúster y el ANOVA se pueden interpretar algunos comportamientos de las variables independientes sobre la dependiente. De este modo se puede predecir que variables estudiar y que comparaciones realizar a la hora de estudiar la deformación relativa en los diferentes sistemas de descanso.

Proveedores/Espumadores

Una de las variables que se han introducido en el análisis de conglomerados es la de los proveedores de los espumadores. Esta variable es determinante a la hora de realizar los análisis ya que indicará qué proveedor proporciona el tipo de espuma que experimenta la mayor deformación o la menor de entre todo el grupo. De este modo una vez realizado el análisis de manera más profunda y en cada grupo de espumas, se podrá obtener información real de cómo están funcionando los diferentes proveedores.

Como se puede observar en la tabla 35, el análisis da información sobre la media de la deformación relativa en cada grupo que se ha creado en el clúster. En esta tabla, se muestra un subconjunto que es en el que no se han obtenido diferencias estadísticamente significativas, en cambio en el subgrupo uno aparece la media de los grupos que sí que han obtenido diferencias entre ellos. Por otro lado, en la figura 62, se muestra un histograma que representa de manera gráfica lo expuesto en la tabla 35.

Número de clúster bietápico	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
4	74	96,53401	
2	32		112,98869
3	96		113,99527
1	53		123,24142
Sig.		1,000	,070

Tabla 35. Media de deformación relativa

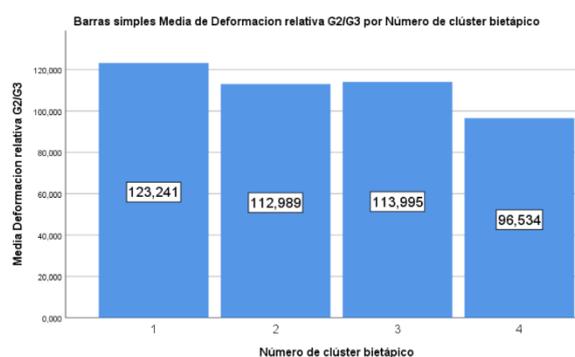


Figura 62. Histograma deformación relativa

Se puede apreciar tanto en los valores numéricos como en el gráfico de barras que el grupo uno arroja el valor mayor de la deformación relativa de todos los grupos del clúster, aunque se sabe cómo se ha expuesto anteriormente que entre los grupos uno, dos y tres no existen diferencias significativas. En cambio, se aprecia del mismo modo que el grupo cuatro es el conjunto del clúster que menos deformación experimenta, por lo que es el único que presenta diferencias con todos los otros grupos, ya que arroja un valor muy inferior al resto.

A continuación, se va a observar qué espumadores pertenecen a los grupos mencionados, que corresponden con el mínimo y máximo de la deformación relativa.

Con esta información, se ha de analizar el grupo uno del clúster para poder identificar qué espumador se incluye en tal grupo. Se puede observar en la figura 63, como el fabricante del espumador mayoritario en el grupo uno del análisis de conglomerados es Interplasp, aunque se puede observar como hay un pequeño conjunto de datos que se corresponden al proveedor Torres. Esto significa que a priori, haciendo un análisis general entre grupos sin adentrarse en cada modelo, firmeza y densidad de espuma, se puede decir que este espumador es el menos fiable ya que experimenta la mayor media de la deformación relativa de todos los grupos.

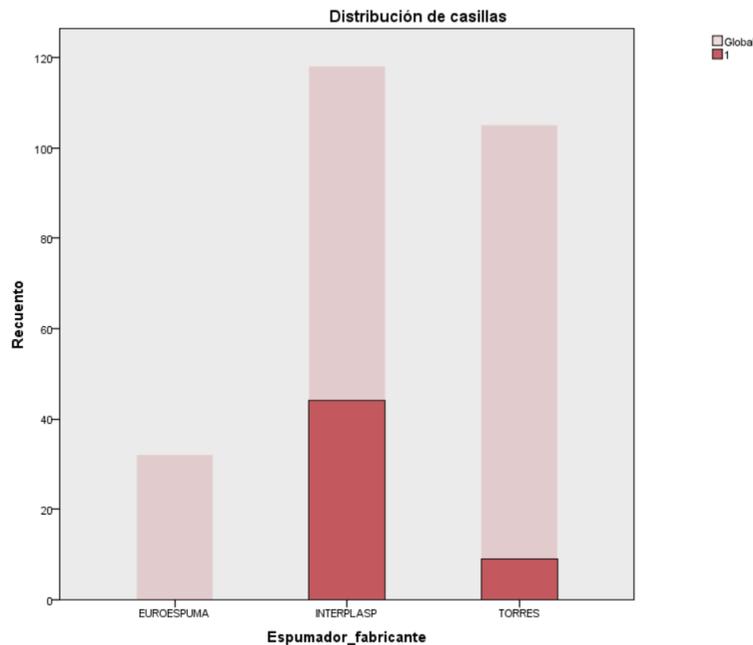


Figura 63. Distribución grupo 2 espumador

Para poder llegar a la conclusión anterior, hace falta determinar en qué situaciones el proveedor Interplasp es menos fiable que otros. Es decir, determinar los tipos de sistemas de descanso que se han fabricado con esa espuma atendiendo a valores de firmeza y densidad.

Para ello se expone la distribución de las casillas según las dos variables que se han mencionado. Por un lado, tal y como se puede apreciar en la figura 64, y como se ha comentado en la descripción de los grupos del clúster. La firmeza mayoritaria es la suave.

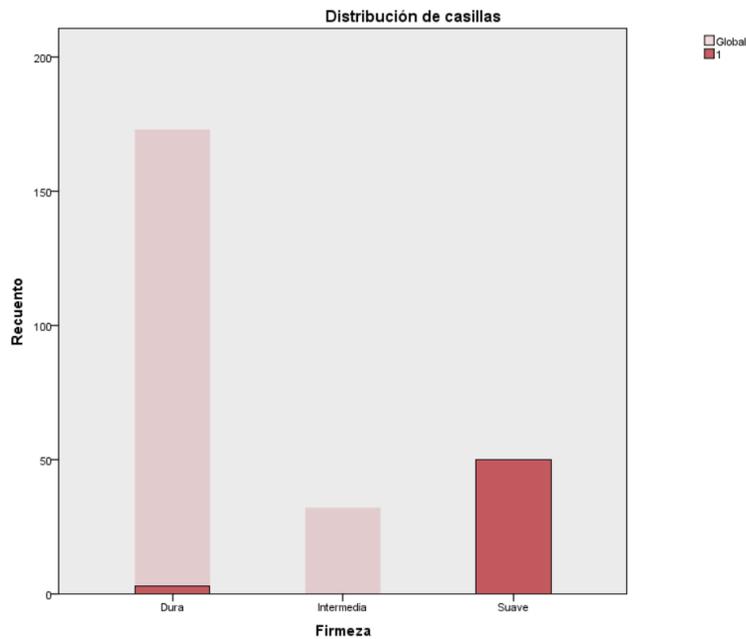


Figura 64. Distribución grupo 2 firmeza

Cabe analizar también la densidad que discrimina en este grupo, para saber qué tipos de sistemas de descanso fabricados por el proveedor mayoritario, Interplasp, tienen defectos por una deformación excesiva. Como se puede observar en la figura 65, el grupo uno agrupa todo el abanico de densidades, siendo las densidades bajas las que caracterizan al grupo uno.

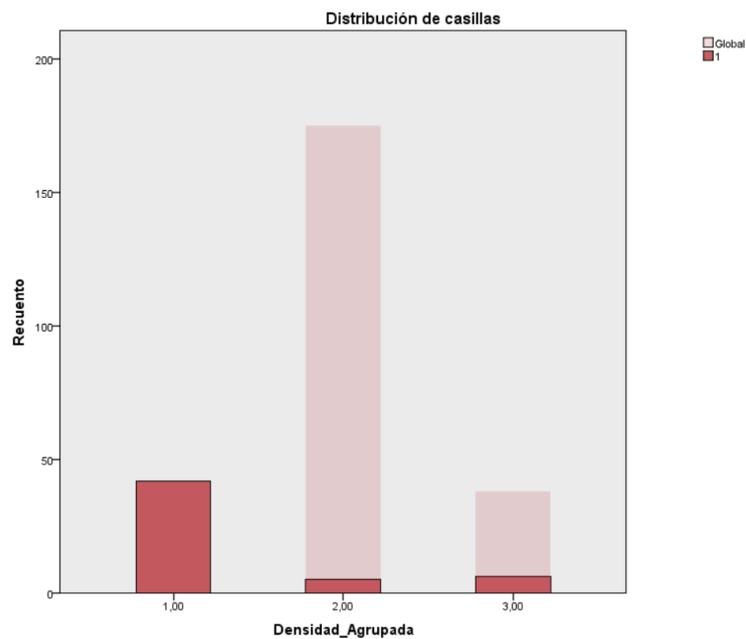


Figura 65. Distribución grupo 2 densidad

Se puede concluir con los resultados analizados, que el proveedor Interplasp, está presente en la mayoría de casos del grupo, y como se ha comentado este grupo presenta la mayor deformación relativa. Este fabricante está suministrando espumas que se comportan de este modo en firmezas suaves en su mayoría y de densidades

bajas entre 23-25 kg/m³. Por lo que, gracias a este análisis se puede decir que el proveedor Interplasp, provee espumas en las densidades y firmeza que se han comentado, de baja calidad y que producen las devoluciones por parte de los clientes.

Por otro lado, se va a estudiar el grupo del clúster que menos deformación experimenta, para poder esclarecer que espumador pertenece a ese grupo. Como se aprecia en la figura 66, el grupo cuatro incluye casi en su totalidad a sistemas de descanso fabricados con los espumadores Interplasp. Esto proporciona una información muy valiosa, sabiendo que este grupo es el que menor deformación relativa experimentaba, se puede afirmar que el proveedor Interplasp será el más fiable para unas determinadas densidades y firmeza.

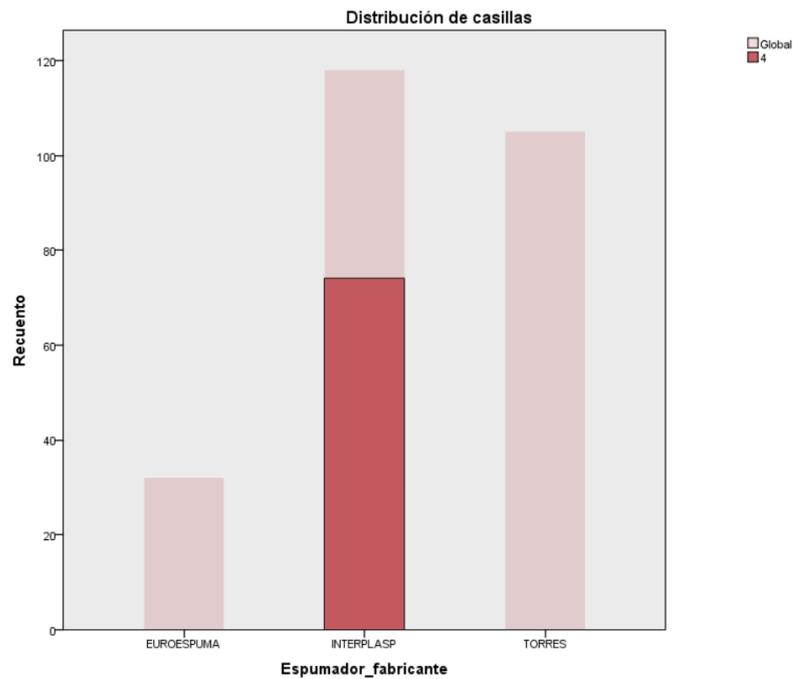


Figura 66. Distribución grupo 4 espumador

En este caso se presenta un caso característico ya que el grupo uno, que es el que máxima deformación experimenta, está formado, al igual que el grupo cuatro, por sistemas de descanso fabricados con espuma del proveedor Interplasp. Esto indica que el proveedor mencionado, suministra espumas de baja o alta calidad según diferentes variables como la densidad o la firmeza.

En el caso de estudio, el grupo cuatro que es el que menor deformación relativa experimenta, la firmeza que reúne a todos los casos de este grupo se puede observar en la figura 67.

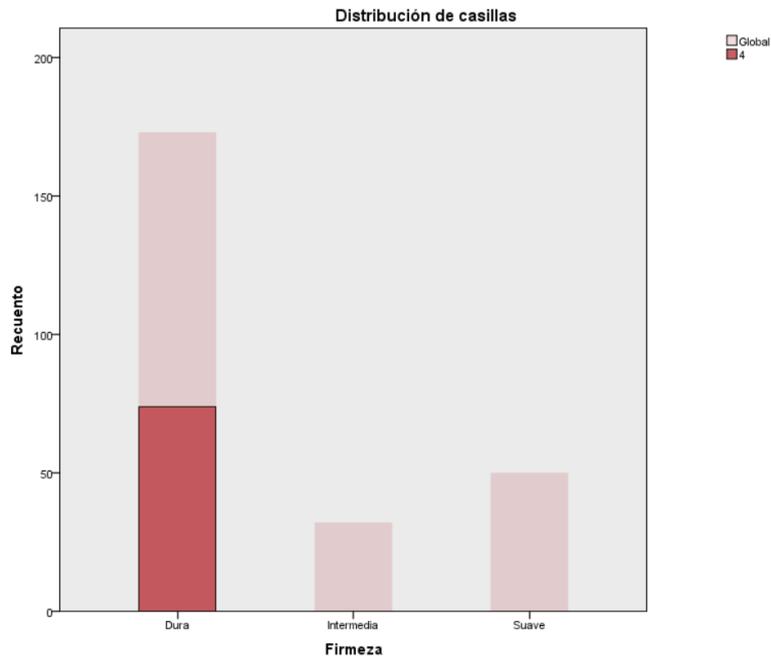


Figura 67. Distribución grupo 4 firmeza

Por otro lado, la densidad de la mayoría de casos del grupo cuatro se puede apreciar en la figura 68, afirmando que todos los casos se agrupan en el grupo dos, es decir 26 kg/m^3 .

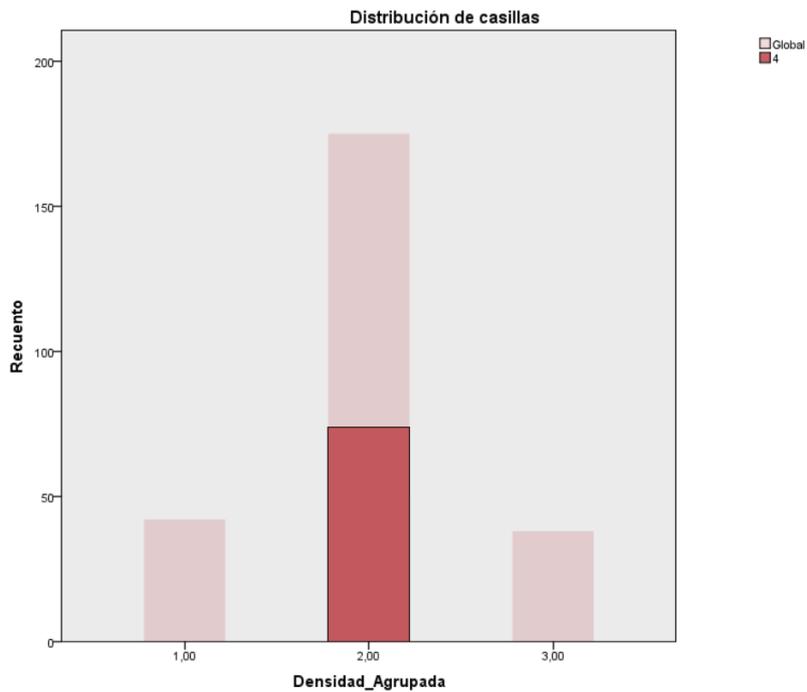


Figura 68. Distribución grupo 4 densidad

Con todo lo mencionado, se puede concluir que el espumador Interplasp será un buen proveedor cuando suministre para la fabricación de espumas de firmeza dura y densidades de 26 kg/m^3 . En cambio, no será un buen proveedor por la alta deformación en sus sistemas, cuando provea espumas de firmeza suave y densidades por debajo de 26 kg/m^3 .

4.4.3. Análisis predictivo de la deformación máxima admisible

Con el objeto de poder inferir un máximo de deformación admisible y poder controlar la calidad de las espumas de los distintos proveedores se va a seguir una metodología concreta. En la base de datos que se posee, existen sistemas nuevos y sistemas usados, estos últimos tienen diferentes niveles, dependiendo de los meses de tiempo de uso que hayan experimentado. Cabe recordar que la variable tiempo de uso mide el tiempo que ha transcurrido desde que los colchones salieron de la fábrica hasta que se volvieron a recibir debido a su devolución.

Los sistemas de descanso que han sido devueltos tienen medida la deformación relativa en las cuatro posiciones existentes, las dos lumbares y las dos posiciones del cabezal. La parte del cabezal es la que menos se deforma debido a que es la que menos compresión experimenta durante el uso del sistema de descanso. De este modo se va a comparar la deformación de los sistemas de descanso nuevos, sin importar la posición de la medida, con los que han sido devueltos únicamente en la posición cuatro, que corresponde con la posición del cabezal que menos deformación experimenta. Esta posición debería revelar una deformación relativa, si el sistema de descanso no es defectuoso inicialmente, prácticamente igual a la que experimentaría el mismo colchón nuevo, a pesar del tiempo de uso que posea el sistema. De no ser así, se podría concluir que el colchón defectuoso ya sale así de fábrica, descartando que su deformación excesiva se deba a un mal uso posterior. De este modo, si aparecieran diferencias estadísticamente significativas se podría establecer un control de calidad a priori que permitiera saber si una espuma nueva llega defectuosa del proveedor. En ese caso, la idea sería poder establecer un umbral de la deformación relativa. Es decir, el primer grupo de sistemas de descanso usados que experimente diferencias estadísticamente significativas con el grupo de colchones nuevos, marcará el umbral hasta el cual se puede llegar para poder rechazar un sistema de descanso nuevo por ser defectuoso debido al espumador.

Como se ha mencionado, para el siguiente análisis, se va a seleccionar solo los sistemas de descanso usados que tengan la medida de la deformación relativa en la posición cuatro, de este modo el análisis descriptivo de la variable uso de los colchones usados queda representado en la tabla 36. Tal y como muestra la tabla, se puede apreciar que los casos de sistemas usados se encuentran muy distribuidos, para ello se va a recodificar la variable tal y como se hizo en el apartado de análisis descriptivo del clúster.

		Numero de meses			
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	1	2	3,7	3,7	3,7
	2	3	5,6	5,6	9,3
	4	2	3,7	3,7	13,0
	5	1	1,9	1,9	14,8
	6	1	1,9	1,9	16,7
	7	1	1,9	1,9	18,5
	8	2	3,7	3,7	22,2
	9	2	3,7	3,7	25,9
	10	2	3,7	3,7	29,6
	11	5	9,3	9,3	38,9
	13	3	5,6	5,6	44,4
	14	3	5,6	5,6	50,0
	15	1	1,9	1,9	51,9
	16	3	5,6	5,6	57,4
	17	1	1,9	1,9	59,3
	19	1	1,9	1,9	61,1
	20	4	7,4	7,4	68,5
	22	1	1,9	1,9	70,4
	23	2	3,7	3,7	74,1
	24	5	9,3	9,3	83,3
	26	3	5,6	5,6	88,9
	27	2	3,7	3,7	92,6
	30	1	1,9	1,9	94,4
	36	1	1,9	1,9	96,3
42	1	1,9	1,9	98,1	
48	1	1,9	1,9	100,0	
Total		54	100,0	100,0	

Tabla 36. Análisis descriptivo tiempo de uso sistemas usados

Para poder recodificar la variable *Tiempo de uso* se van a utilizar los percentiles. Se han seleccionado los percentiles P33 y P66 para poder obtener tres grupos con un número mínimo de casos por grupo aceptable (15 aproximadamente). Estos percentiles con los correspondientes meses que agrupan se muestran en la tabla 37.

Estadísticos		
Numero de meses		
N	Válido	54
	Perdidos	0
Percentiles	33,33	11,00
	66,66	20,00
	99,99	.

Tabla 37. Percentiles tiempo de uso

Por lo que según los percentiles los grupos una vez se ha recodificado la variable quedan del siguiente modo:

Grupo cero → Sistemas nuevos

Grupo uno → 0-11 meses

Grupo dos → 12-20 meses

Grupo tres → 21-48 meses

Una vez se tienen la variable agrupada de los meses se va a realizar un ANOVA con la variable deformación relativa como variable dependiente y la variable que engloba a los grupos según el tiempo de uso como factor para un valor de $p < 0,05$.

Antes de realizar el ANOVA, se tiene que comprobar si existe homogeneidad de varianzas entre los grupos del análisis, este análisis se puede observar en la tabla 38, y se acepta la hipótesis nula al poseer un p-valor mayor que 0,05 y afirma que existe homocedasticidad entre los grupos que engloban los meses de uso. Por tanto, en los análisis post-hoc entre grupos se podrá usar el análisis Tukey.

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Deformacion relativa G2/G3	Se basa en la media	2,466	3	106	,066
	Se basa en la mediana	1,889	3	106	,136
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	1,889	3	98,668	,136
	Se basa en la media recortada	2,466	3	106	,066

Tabla 38. Prueba de homogeneidad de varianzas def. relativa

A continuación, se expone la tabla 39, que muestra el análisis de las varianzas y afirma que existen diferencias significativas entre grupos al rechazar la hipótesis nula.

Deformacion relativa G2/G3					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	78850,668	3	26283,556	46,090	,000
Dentro de grupos	189329,403	332	570,269		
Total	268180,071	335			

Tabla 39. ANOVA deformación relativa

Una vez se ha comprobado que existen diferencias entre los grupos realizados es necesario observar dónde se encuentran esas diferencias, para ello se va a realizar un análisis a posteriori o post-hoc. Por un lado, se observa un análisis Tukey de la tabla 41. En este análisis se puede observar que solo existen diferencias significativas entre los sistemas nuevos y los grupos restantes.

Por otro lado, en la parte inferior de la tabla 40 se ha realizado un análisis Dunnett, creando así intervalos de confianza para las diferencias entre la media de cada nivel de factor con la media de un grupo de control, en el caso de estudio el grupo de control contra el que se va a comparar todos los demás factores es el de los sistemas nuevos. En este análisis se observa lo que se había comentado anteriormente, que los sistemas nuevos

presentan diferencias significativas frente a todos los factores usados de la variable recodificada, al obtenerse un p-valor inferior a 0,05.

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Deformación relativa G2/G3

	(I) usado_nuevo	(J) usado_nuevo	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	Sistema nuevo	0-11 meses	-42,342381*	5,261620	,000	-56,07656	-28,60820
		12-20 meses	-31,945732*	5,828946	,000	-47,16078	-16,73069
		21-47 meses	-39,997328*	5,694043	,000	-54,86024	-25,13441
	0-11 meses	Sistema nuevo	42,342381*	5,261620	,000	28,60820	56,07656
		12-20 meses	10,396649	6,823529	,427	-7,41451	28,20781
		21-47 meses	2,345053	6,708656	,985	-15,16626	19,85637
	12-20 meses	Sistema nuevo	31,945732*	5,828946	,000	16,73069	47,16078
		0-11 meses	-10,396649	6,823529	,427	-28,20781	7,41451
		21-47 meses	-8,051596	7,162264	,675	-26,74694	10,64375
	21-47 meses	Sistema nuevo	39,997328*	5,694043	,000	25,13441	54,86024
		0-11 meses	-2,345053	6,708656	,985	-19,85637	15,16626
		12-20 meses	8,051596	7,162264	,675	-10,64375	26,74694
T de Dunnett (bilateral) ^b	0-11 meses	Sistema nuevo	42,342381*	5,261620	,000	29,63079	55,05397
	12-20 meses	Sistema nuevo	31,945732*	5,828946	,000	17,86353	46,02793
	21-47 meses	Sistema nuevo	39,997328*	5,694043	,000	26,24104	53,75362

Tabla 40. Análisis Tukey y Dunnet

Siguiendo el criterio que se ha mencionado anteriormente, se puede observar como el grupo que engloba los casos de cero a 11 meses, de colchones usados, es el primero en experimentar diferencias en la deformación relativa con los sistemas de descanso nuevos.

Así, tal y como se ha apreciado en la tabla 40, el grupo de sistemas de descanso usados de cero a 11 meses marca el umbral. Esto quiere decir que los sistemas nuevos difieren en la deformación relativa medida en la posición del cabezal de los usados de entre cero y 11 meses. Esto muestra que los colchones nuevos ya están fabricados con un espumador que hace que el sistema sea defectuoso y por tanto en un futuro tras su uso sean devueltos.

Observando la media de la deformación del grupo analizado en cuestión, que es el primero que ha experimentado diferencias con los sistemas nuevos, se puede establecer un umbral de deformación relativa. De modo que, en un futuro, se podrá medir la deformación relativa en los sistemas nuevos y si no muestran diferencias estadísticamente significativas con el valor de la media que se puede observar en la tabla 41 de 110,88 mm, indicará que el sistema nuevo es defectuoso y va a causar una inminente devolución. Así, si tras la medición de una espuma recibida se detecta una deformación superior a la media en un 61.8% se podrá rechazar ese material.

Deformacion relativa G2/G3

	N	Media
Sistema nuevo	56	68,54114
0-11 meses	21	110,88352
12-20 meses	16	100,48688
21-47 meses	17	108,53847
Total	110	87,45275

Tabla 41. Descriptivos deformación relativa

Gracias a este análisis predictivo la empresa se podrá ahorrar numerosas devoluciones, si miden la deformación relativa de los sistemas nuevos recién fabricados y la comparan con el umbral que se acaba de establecer.

4.4.4. Influencia del tiempo de uso sobre las devoluciones

En el siguiente epígrafe se va a tratar de esclarecer cómo influye el tiempo de uso que ha experimentado un sistema de descanso en la deformación relativa medida. Para poder hallar la respuesta es necesario contar con la totalidad de las muestras, sistemas nuevos y sistemas usados sin discernir entre posiciones de medida. De este modo se podrá comparar los sistemas nuevos frente a los diferentes tiempos de uso de los utilizados y devueltos.

Primeramente, se realizará un análisis de varianzas, con la variable Tiempo de uso como factor y la variable Deformación relativa como variable dependiente. Cabe recordar que para realizar este análisis ha sido necesario recodificar la variable Tiempo de uso por su distribución anormal. Se ha seguido el mismo criterio que en el apartado de análisis descriptivo del epígrafe 4.4.1 del modelo lineal general.

Seguido del ANOVA, se estudiará si existe homocedasticidad entre los diferentes grupos que engloban los tiempos de uso de los sistemas de descanso, de este modo se podrá conocer qué tipo de análisis post-hoc se ha de realizar.

Una vez se tenga el análisis post-hoc, se podrá observar entre que grupos existen diferencias significativas y de este modo se podrá establecer un umbral a partir del cual la deformación relativa se convierte en excesiva. Por otro lado, también se podrá estudiar qué número de meses ya no tienen influencia sobre la deformación sobre los sistemas de descanso.

Inicialmente es necesario extraer un análisis descriptivo de la variable *Tiempo de uso*, para saber qué casos se está tratando y la media que tienen de la deformación relativa. Esto se observa en la tabla 42.

Descriptivos								
Deformacion relativa G2/G3								
	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Nuevos	88	78,64666	25,615349	2,730605	73,21929	84,07403	27,651	129,634
2-10 meses	82	112,31050	27,691551	3,058020	106,22600	118,39500	26,780	162,674
11-20 meses	86	108,18334	21,339407	2,301087	103,60816	112,75852	62,191	156,847
21-42 meses	80	117,68536	19,995589	2,235575	113,23556	122,13516	73,420	153,190
Total	336	103,71715	28,293772	1,543552	100,68088	106,75343	26,780	162,674

Tabla 42. Análisis descriptivo tiempo de uso agrupado

A continuación, en la tabla 43 se muestra el ANOVA que se ha creado introduciendo la variable *Tiempo de uso* como variable factor y la *Deformación relativa* como la variable dependiente. Se ha establecido el mismo valor de significancia que se ha estado usando hasta ahora, 0,05. Como se aprecia en la tabla, al tener un valor de significancia de 0, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa que afirma que existen diferencias significativas entre los grupos de uso de los sistemas de descanso.

ANOVA

Deformacion relativa G2/G3

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	78690,246	3	26230,082	45,957	,000
Dentro de grupos	189489,825	332	570,752		
Total	268180,071	335			

Tabla 43. ANOVA tiempo de uso vs def. relativa

Seguidamente, se ha de realizar una prueba de homogeneidad entre las varianzas, para saber que método usar para conocer entre que grupos se encuentran las diferencias que indica el análisis de varianzas. La tabla 44, recoge la prueba de Levene y muestra, al tener un valor de significancia menor que 0,05, que hay diferencias significativas entre las varianzas de los grupos de meses.

Prueba de homogeneidad de varianzas

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Deformacion relativa G2/G3	Se basa en la media	4,225	3	332	,006
	Se basa en la mediana	3,642	3	332	,013
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	3,642	3	278,679	,013
	Se basa en la media recortada	4,021	3	332	,008

Tabla 44. Prueba de homogeneidad de varianzas tiempo de uso vs def. relativa

La tabla anterior, está indicando que se ha de utilizar el método de Games-Howell para poder establecer entre que grupos de tiempo de uso se encuentran las diferencias. En la tabla 45, se expone la siguiente información.

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Deformacion relativa G2/G3

Games-Howell

(I) Tiempo de uso	(J) Tiempo de uso	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Nuevos	2-10 meses	-33,663841*	4,099719	,000	-44,30469	-23,02299
	11-20 meses	-29,536678*	3,570883	,000	-38,80297	-20,27038
	21-42 meses	-39,038703*	3,529023	,000	-48,19946	-29,87794
2-10 meses	Nuevos	33,663841*	4,099719	,000	23,02299	44,30469
	11-20 meses	4,127163	3,827073	,703	-5,81420	14,06853
	21-42 meses	-5,374863	3,788045	,490	-15,21831	4,46859
11-20 meses	Nuevos	29,536678*	3,570883	,000	20,27038	38,80297
	2-10 meses	-4,127163	3,827073	,703	-14,06853	5,81420
	21-42 meses	-9,502025*	3,208239	,018	-17,82923	-1,17482
21-42 meses	Nuevos	39,038703*	3,529023	,000	29,87794	48,19946
	2-10 meses	5,374863	3,788045	,490	-4,46859	15,21831
	11-20 meses	9,502025*	3,208239	,018	1,17482	17,82923

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Tabla 45. Análisis Games-Howell tiempo de uso

Tal y como se puede observar en la tabla 46, existen diferencias estadísticamente significativas entre el grupo de sistemas nuevos y los que han tenido algún tipo de uso, esto se extrae de observar el valor de significancia menor que 0,05, que hace que se rechace la hipótesis nula que afirma que no existen diferencias significativas. Por otro lado, se puede observar como el valor de significancia también está por debajo de 0,05 entre los grupos de 11-20 meses y 21-42 meses, expresando de este modo que hay diferencias entre estos dos. Así, se podría concluir que los sistemas de descanso nuevos son los que menor valor de la deformación relativa experimentan y que la deformación se dispara de forma significativa a partir de los 20 meses de uso.

Esto queda mejor expuesto de manera visual en el gráfico de medias de la figura 69.

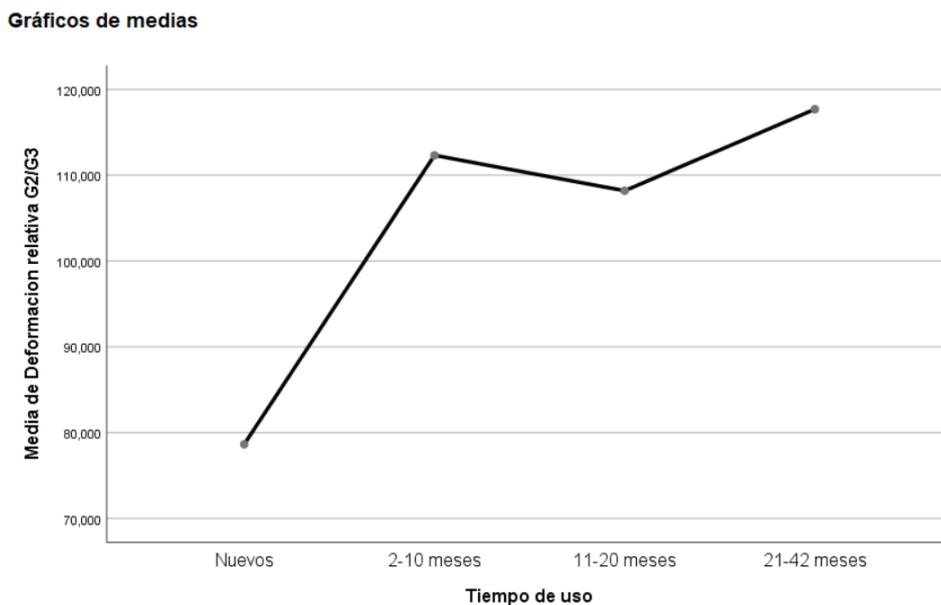


Figura 69. Gráfico de medias tiempo de uso

En el gráfico de medias se puede apreciar claramente la diferencia que existe entre los valores de la deformación en los sistemas nuevos y en los que tienen cierto tiempo de uso. Al igual de la diferencia existente entre los grupos 11-20 meses y 21-42 meses.

Conclusiones

Como era predecible, los sistemas nuevos experimentan el menor valor de la deformación de todos los grupos, existiendo diferencias estadísticas entre los sistemas sin uso y el resto de sistemas que han sido usados diferentes meses. También se ha demostrado gracias al análisis de varianzas, que entre los meses dos y 20 la deformación relativa experimentada por los colchones es similar, al no existir diferencias significativas.

Esto último afirma que la deformación no afecta extremadamente entre los tiempos de uso mencionados anteriormente. En cambio, si se compara el grupo de 11 a 20 meses con el de 21 a 42 meses sí que difieren de una manera más significativa en la deformación.

Por lo que se puede afirmar que el paso del tiempo en los sistemas de descanso entre dos y 20 meses, siendo significativamente superior a la del grupo de colchones nuevos, no afecta a la deformación relativa experimentada en los colchones, pero en el momento que se superan los 20 meses de uso en un sistema de descanso la deformación relativa

cambia aumentando el valor significativamente que tenía en los meses anteriores. En conveniente afirmar que el uso que esté por encima de cero meses en comparación con cualquier tipo de uso sí que influirá negativamente en la deformación experimentada.

4.4.5. Influencia de la densidad sobre las devoluciones

En el siguiente apartado se va a establecer un criterio para poder identificar como está relacionada la densidad con las devoluciones que se han realizado. Para ello, se utilizarán únicamente los casos que posean un determinado uso, dejando a un lado los sistemas de descanso nuevos. A simple vista se puede establecer densidades que son de baja de calidad, estas son las que menos kg/m^3 posean. El objetivo de este estudio es establecer un valor de densidad a partir del cual las devoluciones son excesivas, y de este modo poder identificar al proveedor de este tipo de espuma, con el objetivo de cambiar de proveedor de espumador o inclusive comenzar la fabricación de sistemas que posean densidades mayores y así evitar las excesivas devoluciones.

La metodología que se seguirá va a ser muy similar a la del apartado anterior. Como la variable densidad, tal y como se ha expuesto en los diferentes descriptivos, se halla repartida en diferentes niveles, se va a realizar un ANOVA, con la variable *Densidad* como variable factor y la *Densidad relativa* formará parte de la variable dependiente. De este modo se podrá ver si existen diferencias en la deformación según la densidad de cada uno de los sistemas de descanso usados.

Para el análisis que se va a realizar, no se va a tener en cuenta factores como el *Tiempo de uso*, *Firmeza* o *Altura de espuma*. Como ocurría con el caso del análisis predictivo, estas variables entre otras están distribuidas de manera aleatoria, y al estar analizando una muestra considerablemente grande, no afectarán a los resultados del análisis.

Se establecerá un valor de la densidad que ejercerá como umbral, para poder discriminar que desde valores inferiores hasta el valor de densidad establecido como umbral hay más probabilidades de que se produzcan devoluciones. Una vez se haya establecido ese valor, se estudiará el proveedor mayoritario que suministra la densidad estudiada, de este modo se podrá optar por dos alternativas, cambiar de proveedor para densidades inferiores a la establecida como umbral o dejar a un lado las densidades de baja calidad que provocan esas numerosas devoluciones.

Inicialmente, es necesario mostrar un descriptivo de la variable que se va a analizar. Como se puede observar en la tabla 46, la variable *Densidad* se halla dividida en varios niveles según diferentes valores de densidad. Como se puede apreciar en los descriptivos, se clasificará como densidad de baja calidad los valores que fluctúan entre 23 y 26 kg/m^3 , habiendo casos que la densidad de 26 kg/m^3 pase a formar parte de densidades de calidad media.

Descriptivos

Deformacion relativa G2/G3

	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
23,00	35	127,35660	24,310275	4,109187	119,00573	135,70747	60,243	162,674
25,00	11	122,73255	16,210545	4,887663	111,84215	133,62294	96,967	140,351
26,00	179	107,48806	24,198010	1,808644	103,91891	111,05720	26,780	153,190
28,00	8	125,63950	4,152675	1,468192	122,16778	129,11122	120,877	131,680
30,00	32	112,98869	15,361127	2,715489	107,45041	118,52696	93,813	148,316
40,00	2	87,58150	2,820649	1,994500	62,23897	112,92403	85,587	89,576
Total	267	111,77460	23,766983	1,454516	108,91077	114,63843	26,780	162,674

Tabla 46. Análisis descriptivo densidad

Como se puede observar en el descriptivo de la tabla 47, los datos de la variable *Densidad* se hallan muy distribuidos, por lo que es necesario recodificar esta variable. La recodificación que se usará será la que se utilizó en el apartado de análisis descriptivo del modelo lineal general. Por lo que una vez recodificada la variable, el descriptivo que resultará se muestra en la tabla 48.

Descriptivos

Deformacion relativa G2/G3

	N	Media	Dev. Desviación	Dev. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
23-25 kg/m3	58	113,73986	32,755887	4,301059	105,12714	122,35258	45,023	162,674
26 kg/m3	234	101,50362	26,429122	1,727726	98,09966	104,90758	26,780	153,190
27-40 kg/m3	48	101,39521	28,293822	4,083861	93,17954	109,61088	43,250	148,316
Total	340	103,57567	28,156667	1,527010	100,57207	106,57928	26,780	162,674

Tabla 47. Análisis descriptivo densidad agrupada

Un primer criterio a la hora de realizar un análisis de varianzas es asegurar que existe homogeneidad entre las varianzas, para ello se realiza una prueba previa denominada prueba de Levene. Tal y como se muestra en la tabla 48, el valor de significación basado en la media indica al ser menor que 0,05, que no existe homogeneidad de varianzas entre los niveles de la variable *Densidad*. Por lo que, en el ANOVA, concretamente en los análisis post-hoc se establecerá un análisis diferente hasta ahora, debido a que en el caso de estudio no existe homocedasticidad.

Prueba de homogeneidad de varianzas

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Deformacion relativa G2/G3	Se basa en la media	3,352	2	337	,036
	Se basa en la mediana	1,025	2	337	,360
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	1,025	2	303,467	,360
	Se basa en la media recortada	2,888	2	337	,057

Tabla 48. Prueba de homogeneidad de varianzas densidad vs def. relativa

A continuación, se realiza el ANOVA para poder comprobar que existen diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes niveles de la variable *Densidad* según la *Deformación relativa*. Como se aprecia en la tabla 49, el p-valor es menor que 0,05, por lo que se rechaza la hipótesis nula que afirma que no existen diferencias significativas, y se afirma que existen diferencias entre los diferentes valores de densidades.

ANOVA

Deformacion relativa G2/G3

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	7224,892	2	3612,446	4,655	,010
Dentro de grupos	261533,585	337	776,064		
Total	268758,477	339			

Tabla 49. ANOVA densidad vs def. relativa

Se ha comprobado que existen diferencias entre los grupos, pero para poder establecer un umbral de densidad a partir del cual se puede predecir que va a influir en las devoluciones, es necesario establecer entre qué grupos existen diferencias. Para ello como no existe homocedasticidad entre los niveles, en vez de usar el análisis Tukey se usa el post-hoc con el análisis de Games Howell. La tabla 50 muestra dos análisis, por un lado, se tiene el análisis de Games-Howell que como se ha comentado sirve para identificar entre que grupos existen diferencias. Y, por otro lado, se muestra el análisis bilateral de Dunnett que trata un grupo de control, en este caso el de menor densidad, y los compara con el resto de grupos.

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Deformacion relativa G2/G3

	(I) Densidad_Agrupada	(J) Densidad_Agrupada	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Games-Howell	23-25 kg/m ³	26 kg/m ³	12,236242 [*]	4,635099	,027	1,15727	23,31522
		27-40 kg/m ³	12,344654	5,931023	,099	-1,75814	26,44745
	26 kg/m ³	23-25 kg/m ³	-12,236242 [*]	4,635099	,027	-23,31522	-1,15727
		27-40 kg/m ³	,108411	4,434294	1,000	-10,52780	10,74463
	27-40 kg/m ³	23-25 kg/m ³	-12,344654	5,931023	,099	-26,44745	1,75814
		26 kg/m ³	-,108411	4,434294	1,000	-10,74463	10,52780
T de Dunnett (bilateral) ^b	26 kg/m ³	23-25 kg/m ³	-12,236242 [*]	4,086187	,006	-21,25622	-3,21626
	27-40 kg/m ³	23-25 kg/m ³	-12,344654 [*]	5,435845	,043	-24,34391	-,34540

Tabla 50. Análisis Games-Howell densidad

Se puede observar como el grupo recodificado que engloba a densidades comprendidas entre 23 y 25 experimenta diferencias significativas en la deformación relativa con la totalidad de grupos de densidades restantes. Por otro lado, se aprecia como entre las densidades de 26 kg/m³ y las que se encuentran entre 27 y 40 kg/m³ no existen diferencias significativas, al obtenerse un valor de significación mayor que 0,05.

Al observar la prueba de Dunnett, se confirma lo que se había comentado, que el grupo de densidades más bajas experimenta diferencias significativas con los casos de densidades de 26 kg/m³ y los casos que engloban a densidades entre 27 y 40 kg/m³.

Ya que se están analizando únicamente casos de sistemas usados y por lo tanto que han sido devueltos, este análisis dará las densidad o densidades que más deformación relativa experimenta y si existen diferencias significativas entre los grupos.

Tal y como se puede apreciar en la tabla 51, los casos que previamente experimentaban diferencias significativas con el restante de los grupos de densidades, los que estaban comprendidos entre 23 y 25 kg/m³, muestran una media de deformación relativa de 113,74 mm, mucho mayor que los demás grupos de densidades.

Deformacion relativa G2/G3

	N	Media
23-25 kg/m3	58	113,73986
26 kg/m3	234	101,50362
27-40 kg/m3	48	101,39521
Total	340	103,57567

Tabla 51. Análisis descriptivo densidad

Conclusiones

Por lo que se puede afirmar que los sistemas de descanso de 23-25 son los que más se deforman y por tanto los que mayores devoluciones experimentan actualmente. Se observa que las densidades que se está marginando están fabricadas por el proveedor Interplasp, tal y como se puede observar en el análisis de conglomerados realizado anteriormente.

Se conoce que los sistemas de densidades comprendidas entre 23 y 25 son sistemas de descanso de baja calidad, al tener baja densidad. Como ya se ha comentado a lo largo de este proyecto, una menor densidad se traduce en una menor durabilidad, pero en el caso de estudio las devoluciones se experimentan por una excesiva deformación que no es usual en este tipo de sistemas.

A la vista de los resultados obtenidos, se concluye que para solventar la problemática de las devoluciones en los sistemas de descanso se tienen dos alternativas. Por una parte, se puede probar a cambiar el proveedor o el espumador que fabrica los sistemas de descanso de densidades bajas. O por otra, se puede prescindir de este tipo de producto, eliminando los sistemas de descanso de densidades comprendidas entre 23 y 25, y realizando sistemas de descanso de 26 en adelante.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

5.1. Introducción

En el siguiente capítulo se van a exponer todas las conclusiones a las que se ha llegado a través de los análisis expuestos anteriormente.

5.2. Conclusiones

A través del modelo lineal general realizado en el punto 4.4.1 se ha podido conocer las relaciones e influencia de unas variables sobre otras según la deformación relativa en la totalidad de los sistemas de descanso. De este modo se han establecido entre que grupos dentro de cada variable existen diferencias significativas según la deformación experimentada.

Se ha podido observar como el proveedor Interplasp presentaba diferencias con los otros proveedores, esto se debe a que es el que recogía los valores de deformación relativa más bajos. Por otro lado, el proveedor Torres es el que recoge los valores más altos de la deformación.

Seguidamente, en cuanto a la variable firmeza se ha podido constatar que había diferencias significativas en la deformación entre los sistemas de descanso de firmeza dura con los de intermedia y suave. Esto se debe a que los sistemas de descanso de firmeza suave presentan los valores máximos de la deformación relativa. En cuanto a densidad, se ha demostrado que también existen diferencias entre grupos, y que las densidades más bajas son las que presentan una mayor deformación.

Por otro lado, se estableció una fórmula que indicaba el peso de cada parámetro (variable), a la hora de discriminar en la deformación relativa. Con este estudio ha podido llegar a la conclusión que las variables, *Recubrimiento*, *Densidad*, *Altura nominal* y *Tiempo de uso* son las que más influyen en la deformación, por lo que serán unas características a tener en cuenta al observar la calidad y durabilidad de un sistema de descanso.

Con los análisis realizados, se puede llegar a la conclusión de que se ha de prestar más atención a los sistemas de descanso que están fabricados con espumadores del proveedor Torres, con firmeza del tipo suave o intermedia y que posean densidades por debajo de 26 kg/m^3 . Si se realiza un control en los sistemas de descanso con las características mencionadas se podrán evitar numerosas devoluciones por deformación excesiva en los colchones.

Con el análisis clúster realizado en el punto 4.4.2 se han podido establecer perfiles de calidad entre los sistemas de descanso defectuosos y por tanto que han sido devueltos. Contrastando cada grupo con variables del tipo escalar, se han podido identificar a los grupos que mayor y menor deformación relativa experimentan.

Por un lado, se ha constatado que ambos grupos están fabricados por el mismo espumador Interplasp, por lo que la excesiva diferencia entre los dos se debe a la situación en la que el proveedor fabrica determinados sistemas de descanso. El grupo que recoge

los valores de deformación más altos, en su mayoría está compuesto por sistemas de descanso de firmeza suave y densidad por debajo de 26 kg/m^3 . En cambio, el otro grupo, el que presenta los valores más bajos de deformación, está compuesto por sistemas de descanso de firmeza dura y densidad de 26 kg/m^3 .

Con todo lo analizado, se puede concluir que el espumador Interplasp será un buen proveedor cuando suministre para la fabricación de espumas de firmeza dura y densidades de 26 kg/m^3 . En cambio, no será un buen proveedor por la alta deformación en sus sistemas, cuando provea espumas de firmeza suave y densidades por debajo de 26 kg/m^3 . Por lo que la empresa se puede plantear cambiar de proveedor para la fabricación de sistemas de descanso de densidades bajas y firmezas suaves.

A través del análisis predictivo en el punto 4.4.3, se ha podido establecer un umbral que va ayudar a detectar futuros sistemas de descanso defectuosos antes de que sean entregados al cliente. De modo que si se mide la deformación relativa en un sistema de descanso nuevo y esta es superior a la media, hallada en los sistemas de descanso nuevos, en un 61,8% se podrá rechazar el material que compone el colchón ya que va a provocar que se deforme de manera excesiva y provoque una inminente devolución. Gracias a la siguiente conclusión la empresa se podrá ahorrar numerosas devoluciones, si miden la deformación relativa de los sistemas nuevos y la comparan con el umbral que se acaba de establecer.

Se ha podido comprobar por otra parte, de qué manera influye el tiempo de uso sobre las devoluciones de los sistemas de descanso. Mediante los análisis en el punto 4.4.4, se ha demostrado que los sistemas nuevos experimentan la menor deformación. Además, se ha podido esclarecer que entre los meses número dos y el número 20 la deformación relativa no varía, por lo que el tiempo de uso entre los intervalos mencionados no afecta. Pero en el momento que el tiempo de uso supera a los 20 meses la deformación relativa aumenta de manera significativa.

Siguiendo la misma metodología que en el caso anterior, en el punto 4.4.5 se ha podido averiguar la influencia que posee la densidad de los sistemas de descanso sobre las devoluciones. Llegando a la conclusión que los sistemas de densidades comprendidas entre 23 y 25 kg/m^3 son los que más se deforman y por tanto mayores devoluciones experimentan. Para solucionar tal problemática, se puede probar a cambiar el proveedor en los sistemas de baja calidad como se ha visto en el análisis clúster o por otra parte prescindir del producto de baja densidad y fabricar sistemas de descanso que posean una densidad mayor o igual a 26 kg/m^3

CAPITULO VI BIBLIOGRAFÍA

- Lo Monaco Empresa. (2015) *Propiedades de un buen colchón*. Recuperado de <https://www.grupolomonaco.com/blog/2015/10/15/propiedades-de-un-buen-colchon/>
- Sobre la estructura y firmeza de los colchones. (s.d). Recuperado de <https://www.colchones.es/firmeza-del-colchon.php>
- El foro del colchón. (2017) *Guía de firmeza de colchones*. Recuperado de <https://www.forodelcolchon.com/guia-firmeza-colchones/>
- Matiner. (2018) *Densidad del colchón y su diferencia con la firmeza y la dureza*. Recuperado de <https://matiner.cat/es/densidad-del-colchon-y-su-diferencia-con-la-firmeza-y-la-dureza/>
- Senso G blog. (s.d). Recuperado de <https://sensog.com/blog>
- Alberto Montilla. (2020) *Colchones de Espuma: Tipos, Ventajas y Características*. Recuperado de <https://www.elegircolchon.com/de-espuma/>
- ColchónExpres. (2018) *Lo que necesitas saber sobre el colchón de poliuretano*. Recuperado de <https://www.colchonexpres.com/blog/colchon-poliuretano>
- Jesús. (2017) *Colchones de espuma*. Recuperado de <https://www.forodelcolchon.com/colchones-de-espuma/>
- ColchónExpress. (2018) *Densidad viscoelástica recomendada para tu descanso*. Recuperado de <https://www.colchonexpres.com/blog/densidad-viscoelastica-recomendada>
- Colchones de espuma de poliuretano*. (s.d). Recuperado de <https://es.decorexpro.com/krovati/penopoliuretanyj-matras/>
- ColchónExpres. (2016) *Colchones viscoelásticos: beneficios e inconvenientes*. Recuperado de <https://www.colchonexpres.com/blog/colchones-viscoelasticos-beneficios-inconvenientes>
- Ventajas y desventajas de cada tipo de colchón*. (s.d) Recuperado de <http://micolchon.info/ventajas-y-desventajas-de-cada-tipo-de-colchon>
- Maxfield Carroll. (2017) *Las desventajas de los colchones de espuma de poliuretano*. Recuperado de https://www.ehowenespanol.com/desventajas-colchones-espuma-poliuretano-lista_319461/
- Yolanda Pastor. (2019) *La composición de un colchón: el núcleo y los acolchados*. Recuperado de <https://www.colchones.es/informacion/composicion-de-un-colchon-nucleo-y-acolchados/>
- ColchónExpres. (2018) *Comparador de colchones: muelles, viscoelásticos y latex*. Recuperado de <https://www.colchonexpres.com/blog/comparador-de-colchones>

ColchónExpres. (2018) *Viscoelástica o látex, ¿Cuál es la mejor opción para mí?* Recuperado de <https://www.colchonexpres.com/blog/viscoelastica-o-latex>

ColchónExpres. (2018) *Colchón HR o muelles: ¿Cuál elegir?* Recuperado de <https://www.colchonexpres.com/blog/colchon-hr-o-muelles>

ColchónExpres. (2018) *HR Colchones: Cómo elegir el mejor para ti.* Recuperado de <https://www.colchonexpres.com/blog/hr-colchones>

Poliéster (s.d). Recuperado de <https://www.emma-colchon.es/glosario/poliester/>

Ecus Sleep. (2018) *Colchones viscoelásticos: Características.* Recuperado de <https://ecussleep.com/es/colchones-viscoelastica-caracteristicas/>

Muebles de casa.(2020) *Características del colchón viscoelástico.* Recuperado de <https://blog.mueblesdecasa.net/descanso/colchones-descanso/caracteristicas-colchon-viscoelastico/>

Experto en descanso. (2017) *Tipos de muelles de colchones: ¿cuál me conviene más?* Recuperado de <https://www.colchones.es/informacion/tipos-de-muelles-colchones/>

ColchónExpres. (2018) *Tipos de muelles y sus características.* Recuperado de <https://www.colchonexpres.com/blog/tipos-de-muelles>

Laura. (2018) *¿Qué tipo de colchón de muelles elegir?* Recuperado de <https://www.konfortcolchones.com/blog/tipo-colchon-muelles/>

LoMonaco. (2015) *Tipos de colchones de muelles ¿qué colchón es mejor?* Recuperado de <https://www.grupolomonaco.com/blog/2015/10/13/tipos-de-colchones-de-muelles-que-colchon-es-mejor/>

ColchónExpres. (2016) *Los beneficios de dormir en un colchón de muelles.* Recuperado de <https://www.colchonexpres.com/blog/colchon-de-muelles>

Beneficios de un colchón de muelles. (2019). Recuperado de <https://www.maxcolchon.com/informacion/beneficios-de-un-colchon-de-muelles/>

Ventajas y desventajas de cada tipo de colchón (s.d). Recuperado de <http://micolchon.info/ventajas-y-desventajas-de-cada-tipo-de-colchon>

TeDormimos. (2009) *Ventajas y problemas de los colchones de latex.* Recuperado de <https://www.tedormimos.com/blog/ventajas-y-problemas-de-los-colchones-de-latex/>

ColchónExpres. (2016) *¿Colchón de latex natural convencional o de látex talalay?* Recuperado de <https://www.colchonexpres.com/blog/colchon-de-latex-natural-o-de-latex-convencional>

Experto en Descanso. (2013) *Colchones de látex, aprende a diferenciar entre natural y sintético.* Recuperado de <https://www.colchones.es/informacion/colchones-de-latex-aprende-a-diferenciar/>

Colchones de látex: una guía básica (s.d). Recuperado de <https://colchon.review/colchones-de-latex-una-guia-basica/>

Ventajas e inconvenientes de un colchón de látex (s.d). Recuperado de <https://ventadecolchonesbaratos.es/ventajas-e-inconvenientes-colchon-de-latex/>

¿Qué son las pruebas paramétricas? (s.d). Recuperado de <https://www.questionpro.com/blog/es/pruebas-parametricas/>

Escuela superior de informática. (s.d) *Correlaciones con SPSS*. Recuperado de https://previa.uclm.es/profesorado/raulmmartin/Estadistica/PracticasSPSS/CORRELACION_CON_SPSS.pdf

Rodolfo Castro Martinez. (2012) *Análisis paramétricos y no paramétricos*. Recuperado de <https://es.slideshare.net/rodolfodanny/analisis-parametricosynoparametricos>

ANEXO I ANALISIS DESCRIPTIVO DE VARIABLES

A continuación, se expone el análisis descriptivo de las variables que no han sido realizadas durante la memoria, este análisis está realizado con la totalidad de los datos, es decir incluyendo sistemas de descanso nuevos y usados.

Firmeza

Con la siguiente variable ocurre algo diferente a las anteriores expuestas. Al realizar el análisis descriptivo de frecuencias, mostrado en la tabla 52, se puede apreciar como existen tres grupos bien diferenciados, aunque se aprecia que la firmeza dura aglutina la mayor parte de los casos, siendo de un 66,7 % de los casos estudiados. Al poseer tres grupos, no se debe recodificar la variable.

Firmeza					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Dura	230	67,6	67,6	67,6
	Intermedia	36	10,6	10,6	78,2
	Suave	74	21,8	21,8	100,0
	Total	340	100,0	100,0	

Tabla 52. Análisis descriptivo firmeza casos totales

Espumador

Del mismo modo que la variable anterior, al realizar el descriptivo mostrado en la tabla 53, se aprecia como existen tres grupos que engloban a todos los casos. Aunque la muestra no está compensada, existen dos proveedores mayoritarios, el minoritario contiene al menos el 10% de la muestra, por lo que se mantendrá los niveles de partida para el análisis.

Espumador_fabricante					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	EUROESPUMA	36	10,6	10,6	10,6
	INTERPLASP	176	51,8	51,8	62,4
	TORRES	128	37,6	37,6	100,0
	Total	340	100,0	100,0	

Tabla 53. Análisis descriptivo espumador casos totales

Tipo de muestra

La variable que caracteriza a los sistemas de descanso, según se hayan medidos como colchones enteros (MUC) o únicamente sus núcleos (MUN), se halla dividida en dos grandes grupos que engloban a todos los casos de estudio. Nuevamente existe una categoría predominante, MUC, pero la otra supera el 17% de los casos, por lo que se mantendrán los distintos niveles de la variable en el estudio.

		Tipo_muestra			
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	MUN	59	17,4	17,4	17,4
	MUC	281	82,6	82,6	100,0
	Total	340	100,0	100,0	

Tabla 54. Análisis descriptivo tipo de muestra casos totales

DOCUMENTO II PRESUPUESTO

INDICE

1. Introducción – pág.2
2. Mano de obra – pág.2
3. Licencias software – pág.2
4. Dietas y desplazamientos – pág.3
5. Presupuesto total – pág.3

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Presupuesto mano de obra.....	2
Tabla 2. Presupuesto licencias software	2
Tabla 3. Presupuesto dietas y desplazamientos	3
Tabla 4. Presupuesto total	3
Tabla 5. Presupuesto total con IVA y costes indirectos	3

1. Introducción

En el siguiente epígrafe se exponen los costes asociados a la toma de medidas, análisis y distribución de los resultados, compra del equipo de medición. Haciendo un recopilatorio del coste total de llevar a cabo el proyecto que se ha expuesto tanto en el pliego de condiciones como en la memoria.

2. Mano de obra

En el siguiente apartado la mano de obra se divide en la mano de obra del alumnado que es la de ingeniero junior y se refiere a la dedicación invertida por mi parte en la toma de datos, análisis e interpretación de los resultados. Y por otra parte a la supervisión y apoyo recibida por mi tutor o ingeniero senior a lo largo del proyecto. Con lo expuesto a continuación, la tabla 53 expone los costes asociados a la mano de obra según un determinado número de horas.

Tipo de mano de obra	Cantidad (Horas)	Coste unitario (€/h)	Coste total (€)
Ingeniero junior	300	20,00	6000,00
Ingeniero senior	25	40,00	1000,00
		Subtotal	7000,00

Tabla 1. Presupuesto mano de obra

3. Licencias software

A continuación, se muestran los costes de las licencias de los programas que han sido necesarios para poder realizar el estudio pertinente en la tabla 54.

Licencia de software	Tipo	Cantidad	Coste unitario (€/u)	Coste total (€)
IBM SPSS Statistics 25	Licencia estudiante	1	260,00	260,00
Microsof Office 2016	Licencia estudiante	1	149,00	149,00
			Subtotal	409,00

Tabla 2. Presupuesto licencias software

4. Dietas y desplazamientos

En el siguiente apartado se expone los costes asociados a los desplazamientos a la fábrica COLCHONES DELAX por parte del alumno para poder realizar la toma de datos necesarios. También se incluye, tal y como se observa en la tabla 55 los costes relacionados con los gastos de manutención y estancias que se realizaron durante las diversas visitas a la empresa.

Concepto	Cantidad	Coste unitario	Coste total (€)
Gasto de manutención y estancias (Dietas)	6 (días)	26,67 (€/día)	160,02
Gasto de locomoción	444 (km)	0,19 (€/km)	84,36
		Subtotal	244,38

Tabla 3. Presupuesto dietas y desplazamientos

5. Presupuesto total

Según las tablas que se han mencionado anteriormente, el presupuesto total de la realización del estudio que se explica en este proyecto quedaría expresado en las Tablas 57 y 58.

Concepto	Subtotal (€)
Mano de obra	7000,00
Licencias software	409,00
Dietas y desplazamientos	244,38
Total (€)	7653,38

Tabla 4. Presupuesto total

Total (€)		7653,38
Costes indirectos	10%	765,34
IVA	21%	1607,21
	Total (€)	10025,93

Tabla 5. Presupuesto total con IVA y costes indirectos

El coste total del proyecto que se ha llevado a cabo es de mil veinticinco euros con noventa y tres céntimos.

DOCUMENTO III PLIEGO DE CONDICIONES

INDICE

1. Objeto y alcance – pág.2
2. Normas de carácter general – pág.2
3. Normas de carácter particular – pág.3
 - 3.1. Calibración del equipo de medición – pág.3
 - 3.2. Mediciones – pág.4
 - 3.3. Codificación de muestras – pág.4

INDICE FIGURAS

Figura 1. Esquema calibración equipo de medición	3
Figura 2. Esquema de medición toma de medidas	5
Figura 3. Código de muestra MUC y MUN.....	5
Figura 4. Código muestra fechas	5
Figura 5. Código muestra repetición	6

1. Objeto y alcance

El objetivo del siguiente pliego de condiciones es la definición de las condiciones técnicas, facultativas, legales y económicas para la viabilidad de realización del estudio y el análisis de datos realizado. Las instrucciones adjuntas a este pliego prevalecen ante las de la memoria anterior en caso de contradicción. Por ese motivo el siguiente documento es de alta precisión ya que tiene en cuenta todos los factores que afectan al proyecto de análisis.

2. Normas de carácter general

A continuación, se expone un listado de las normas comunes que influyen directamente en el ensayo de los sistemas de descanso y en los aspectos que han de tener diversos sistemas de descanso según las características que posean.

UNE 128001:1992

Colchones y bases. Terminología y dimensiones.

UNE 53231-1:2011

Plásticos. Núcleo de espuma de poliuretano(PUR) para colchones. Características y métodos de ensayo. Parte 2: Núcleo con una o varias capas de espuma no viscoelástica.

UNE 53231-1:2011

Plásticos. Núcleo de espuma de poliuretano(PUR) para colchones. Características y métodos de ensayo. Parte 2: Núcleo con una o varias capas de espuma viscoelástica.

UNE-EN ISO 2439:2009

Materiales poliméricos celulares flexibles. Determinación de la deformación remanente por compresión. (ISO 1856:2018)

UNE-EN 1334:1996

Mobiliario doméstico. Camas y colchones. Métodos de medida y tolerancias recomendadas.

UNE-EN 1725:1998

Mobiliario doméstico. Camas y colchones. Requisitos de seguridad y métodos de ensayo

UNE-EN 1957:2013

Mobiliario. Camas y colchones. Métodos de ensayo para la determinación de las características funcionales y criterios de evaluación.

3. Normas de carácter particular

A continuación, en el siguiente apartado se va a exponer de manera minuciosa la metodología que se ha de seguir para poder repetir los diferentes ensayos y la toma de datos que se realizaron en las instalaciones de la empresa COLCHONES DELAX SL. Por una parte, se enumerarán las indicaciones que hay que seguir para calibrar el equipo de medida, el apoyo isquiático. Por otro lado, se explicará de qué manera se han tomado esas medidas. Y, por último, se expondrán como se codificaron los sistemas de descanso para en su posterior análisis extraer las conclusiones pertinentes. Cabe destacar que el equipo de medida fue diseñado, fabricado y montado por la empresa INLEMAR, por lo que el diseño de las características, piezas o como se ha montado no corresponden a este pliego de especificaciones técnicas.

3.1. Calibración del equipo de medición

Para poder obtener unas medidas de la deformación relativa fiables en cada uno de los sistemas de descanso ensayados, es necesario calibrar el equipo de medición antes de realizar las mediciones oportunas en cada colchón.

El proceso de calibración se realizará del mismo modo antes de comenzar a tomar la primera medida de cada sistema de descanso. Mediante el pulsador que se encuentra en el mando neumático del sistema de medición, se hará descender el indente hasta la superficie del suelo. Es importante no exceder en el descenso del indente, ya que, si se realiza de este modo, y debido a la fuerza del sistema electro neumático, se estará ejerciendo una presión sobre la superficie de apoyo que hará que las medidas sobre el sistema de descanso sean incorrectas. Por lo tanto, se hará descender el indente hasta que toda su superficie se encuentre en contacto con el suelo. Una vez llegados a este punto se accionará el dispositivo de medida tarándolo a 0 milímetros. Lo expuesto anteriormente queda reflejado de manera gráfica en el esquema de la figura 1.

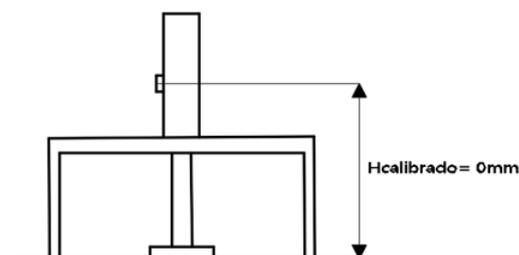


Figura 1. Esquema calibración equipo de medición

Una vez se ha establecido la cota cero en el suelo, toda altura que ascienda el indente será recogida por el dispositivo de medida.

Una vez se ha realizado el procedimiento descrito, el sistema estará listo para poder comenzar a realizar mediciones sobre los colchones.

3.2. Mediciones

A continuación, se van a exponer los pasos que se han seguido para la toma de los valores de deformación relativa sobre los diferentes sistemas de descanso. Se parte de la premisa que se conocen todas las características morfológicas de los sistemas de descanso

que se van a ensayar, como la altura nominal, la firmeza, densidad o los materiales que lo componen.

Una vez se posee el sistema correctamente calibrado, se hace subir mediante el sistema neumático el indenter, accionando la correspondiente válvula. De este modo se deja un espacio justo debajo de este para la colocación del sistema de descanso a ensayar. Cabe destacar que los sistemas de descanso no se ensayan con ningún sistema de soporte, ya sea cabezal, somier u otros. Es decir, para la realización del ensayo, se dispone directamente el colchón sobre la superficie de ensayo que es un suelo de cerámica plano.

Seguidamente se hace bajar el indenter y con los pesos que este tiene en su superficie, que hacen un total de 70 kilogramos, deformando el sistema de descanso en diferentes puntos.

Según la tipología del sistema de descanso se miden un número de posiciones u otro. Si el colchón es doble, se realizan cuatro mediciones, dos en la parte del cabezal, cabezal izquierdo y cabezal derecho, y dos en la parte lumbar, lumbar izquierdo y lumbar derecho. Si por el contrario el sistema de descanso es individual, únicamente se realizarán mediciones en la parte central del cabezal y de la parte lumbar.

En cada posición independientemente del sistema de descanso que se trate se realizan 10 mediciones. Estas mediciones se efectúan seguidamente, dejando caer el indenter comprimiendo el material del colchón, se toma la medida, y se sube el indenter, esta acción se repite en cada posición hasta completar el ciclo de repeticiones mencionado.

Los valores de la deformación quedan expresados cada vez que el indenter está deformando la espuma, y se ven reflejados en el medidor electrónico. Como se ha expuesto inicialmente en la calibración del sistema de medición, el dispositivo electrónico está midiendo la distancia que existe desde el suelo, cota cero, hasta el punto central del indenter.

Por último, es necesario hallar la deformación relativa, ya que la deformación que queda expresada en el dispositivo electrónico no da información para el futuro análisis. Conociendo las características de cada tipo de espuma que se ha ensayado, se sabe también la altura nominal que posee el sistema de descanso. La altura nominal hace referencia a la distancia que existe entre la parte inferior del colchón hasta la parte superior. Por lo que hallando la diferencia entre altura nominal y el dato recogido por el sistema de medición se puede hallar los milímetros que se ha deformado el sistema de descanso debido a la carga de 70 kilogramos, o en otras palabras la deformación relativa. A continuación, en la figura 2 se muestra un esquema de lo expuesto en el este punto.

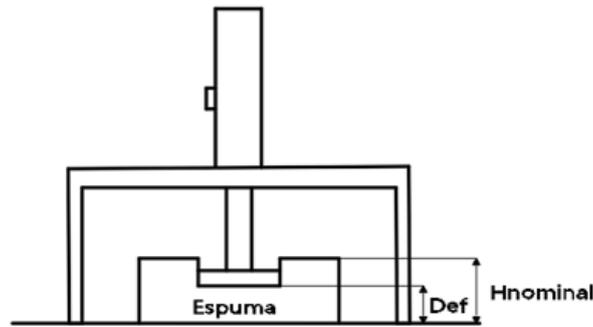


Figura 2. Esquema equipo de medición toma de medidas

3.3. Codificación de muestras

Para que el ensayo y la toma de datos sobre los sistemas de descanso tenga sentido, es necesario llevar un control sobre los colchones ensayados. Esto se hace a través de la variable muestra. De modo que siguiendo la metodología que va a ser expuesta a continuación se pueden ordenar e identificar de manera fácil los sistemas de descanso ensayados.

Cada muestra que se ha ensayado se ha de identificar en dos grandes grupos, MUC y MUN. Tal y como se puede observar en la figura 3, la codificación queda de la siguiente manera.

MUN	200520-1
MUC	200520-3

Figura 3. Código muestras MUC y MUN

Las muestras MUN hacen referencia a los sistemas de descanso que están conformados por únicamente el núcleo del colchón. En cambio, las muestras precedidas por la codificación MUC se tratarán de colchones completos, que posean las capas de confort que se indiquen en otra variable.

Por otro lado, para poder seguir un orden del ensayo, se identifica a cada muestra con una única codificación numérica, que depende del día, del mes y del año. A continuación, se muestra un ejemplo de lo mencionado en la figura 4.

MUC-01062020

Figura 4. Código muestra fecha

Por ejemplo, la muestra de la figura 4, indica que se trata de una toma de datos sobre un colchón completo y que se realizó el 1 de junio de 2020. En algunas muestras el indicativo de la toma de datos de ese sistema de descanso en lo que se refiere al año puede estar de manera contraída, en vez 2020 será 20.

A continuación, al lado de los números comentados, se coloca un guion que separa de una cifra que va del 1 al 10, estas cifras representan el número de colchones que se midieron ese día.

MUN-290520 **3**

Figura 5. Código muestra repetición

En el caso de la figura 76 se tratará de la tercera vez que se ensaya el mismo tipo de colchón el día 29 de junio de 2020, debido a que tres usuarios han devuelto el mismo sistema de descanso. Es decir, será el tercer ensayo de un sistema de descanso con las mismas características en un solo día.